

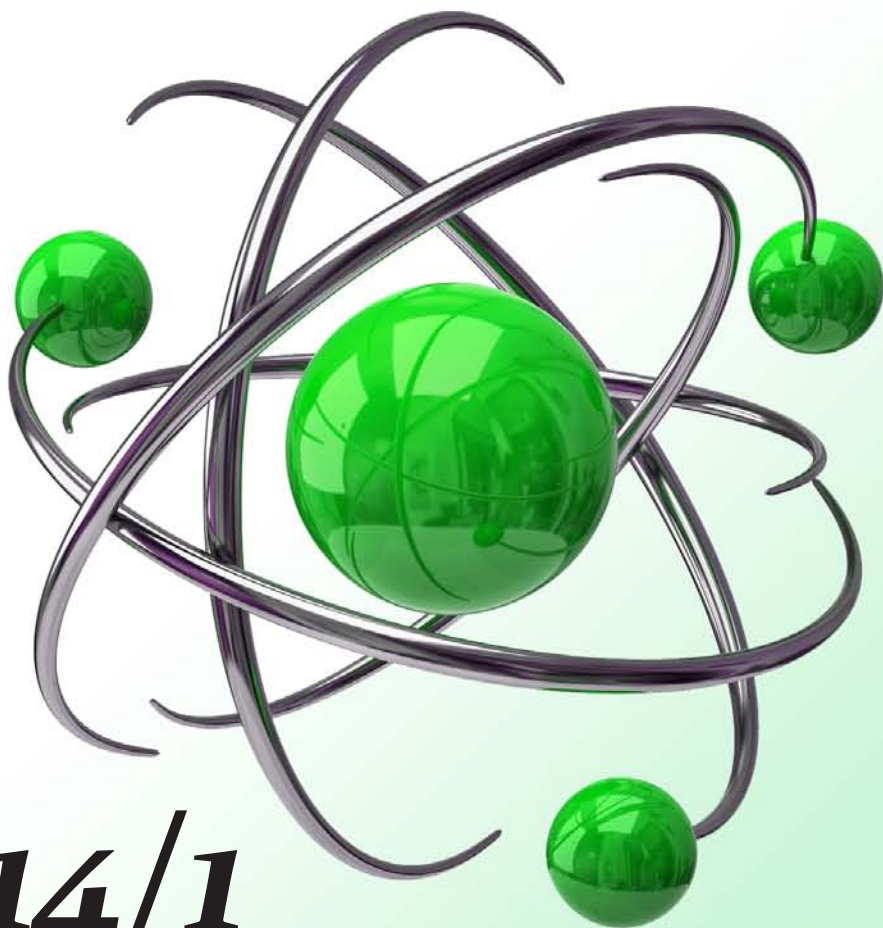
A FIZIKA

tanítása



MÓDSZERTANI FOLYÓIRAT

2014/1



A FIZIKA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Bonifert Domonkosné dr.
főiskolai docens

A szerkesztőbizottság:

Dr. Kövesdi Katalin
főiskolai docens

Dr. Molnár Miklós
egyetemi docens

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B
Tel.: (62) 470-101,
FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Kiadó Kft.

Felölös kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Szőke András

A Fizika Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

TARTALOM

A Boltzmann-eloszlás középiskolai feldolgozásának lehetőségei III. rész

Nagy Mária egyetemi hallgató,
Dr. Radnóti Katalin főiskolai tanár,
ELTE TTK Fizikai Intézet

Egy szintfelmérő dolgozat eredményei és tanulságai mérnök és fizika BSc szakokon

Dr. Székely László egyetemi adjunktus,
Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar
Matematikai és Informatikai Intézet
Matematika Tanszék;

Dr. Farkas Zsuzsanna, Szegedi Tudományegyetem
Juhász Gyula Pedagógusképző Kar
Alkalmazott Természettudományi Intézet
Általános és Környezetfizikai Tanszék;

Dr. Víg Piroska egyetemi docens, Szent István
Egyetem Gépészmérnöki Kar
Környezetipari Rendszerek Intézet Fizika Tanszék;
Dr. Seres István egyetemi docens,
Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar
Környezetipari Rendszerek Intézet Fizika Tanszék

Kovács István

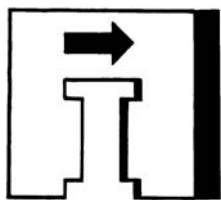
1913–1996

Dr. Szabó Árpád ny. egyetemi tanár, professzor
emeritus, Nyíregyházi Főiskola, Fizika Tanszék

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.



IMPULZUS

Nagy Mária – Dr. Radnóti Katalin

A Boltzmann-eloszlás középiskolai feldolgozásának lehetőségei III. rész

Írásunk első részében szerepelt a szakdidaktikai javaslatban taglalt módszer szerinti feldolgozás első két szakasza: a matematikai formulák felírásának és magyarázatának tárgyalása, valamint a fogalmi rendszer kialakítása.

A második részben a harmadik, negyedik és ötödik szakasz leírása következett: a jelenségek, jelenségértelmezés; a jelenségmagyarázat; illetve a jelenségek mindennapi életben való megnyilvánulása és a történetiség gondolatvilága.

A szakdidaktikai javaslatban a témakörök feldolgozása 8 szakaszra osztott folyamatot jelentett, mely szakaszok a következők voltak:

1. Matematikai formulák és azok magyarázata
2. Fogalmi váltások, fogalomrendszer
3. Jelenségek, jelenségértelmezés
4. Jelenségmagyarázat
5. A jelenségek mindennapi életben való megnyilvánulása és a történetiség
6. Problémamegoldás
7. Szintetizálás
8. Értékelés

A cikksorozat mostani, utolsó részében is a fenti szakaszok alkalmazásának bemutatását folytatjuk a Boltzmann-eloszlással kapcsolatban, az utolsó hárommal.

6. Problémamegoldás

A számolással kapcsolatos tevékenység a reál beállítottságú diákokat olyan világba enged be, ahol otthonosan mozognak, így könnyebben rögzülnek és ülepednek le fejükben az eddig tanultak. Feladatmegoldás közben van idejük és terük végiggondolni mindazt, amit eddig feldolgoztunk.

S ami a legfontosabb: a diákok egyetemi tanulmányaikhoz rendkívül fontos lesz az ilyen típusú feladatok és megoldási módszereik megismerése, különösen a különböző laboratóriumi gyakorlatokon.

A feladatmegoldást érdekesebbé tehetjük az adott tanulócsoporthoz belüli differenciálással, csoportmunkával, melyet a végén összegeznek a tanulók, tapasztalataikat elmondják egymásnak.

A jelenlegi témához kapcsolódó problémamegoldási szakaszban a következők kerülnek sorra:

- Mérések a légnyomás változására a magasság függvényében
- Reakciósebesség hőmérsékletfüggésének vizsgálata
- Víz gőznyomásának változása a hőmérséklet függvényében

Mérések a légnyomás változására a magasság függvényében

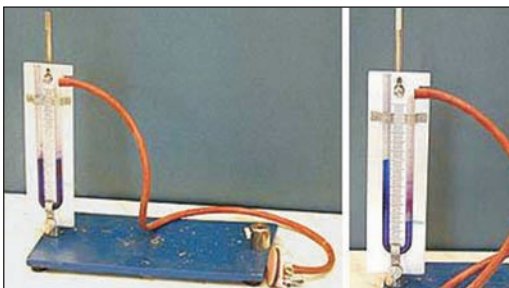
A cikksorozat második részében tárgyaltuk a barometrikus magasságformulát, de nem volt teljes az illusztrálás. A második részben szereplő elővezetést követően ebben a szakaszban mutatjuk be a törvényszerűség kísérleti alátámasztását és a mérési eredmények kiértékelését.

A mérés célja az, hogy megvizsgáljuk, a légnyomás miként változik a magasság függvényében, és alátámasszuk saját mérésünkkel is a barometrikus magasságformulára ismert szakirodalomban szereplő, exponenciális alakú összefüggést, amely a következő:

$$p(h) = p_0 \cdot e^{-\frac{\rho_0}{p_0}gh}$$

Eszközök: Tudjuk, hogy a légnyomás magasságtól való függésének mérése magasabb házban (például az ELTE TTK épületében) könnyen megvalósítható egy **manométer** (32. ábra) és egy **hosszúságmérő eszköz** (pl. vonalzó) segítségével.

Mi is gyárthatunk nyomásmérőt, ha boltokban megvásárolható termoszpalackot kétfuratos gumidugóval látunk el, és a két furat egyikébe U alakú folyadékmanométer-csővet, a másikba szelepet teszünk. A manométercsőbe (színezett) vizet töltünk. Ez fogja jelölni a nyomást úgy, hogy egyik vége a palack légterébe nyílik, a másik a levegőbe. Mikor a szelep nyitott állapotban van, a két vízoszlop magassága megegyezik az U alakú cső két szárában. Mikor a szelep zárt állapotú, a termoszpalackban uralkodó és a külső légnyomás különbsége mérhető a manométerrel.



32. ábra

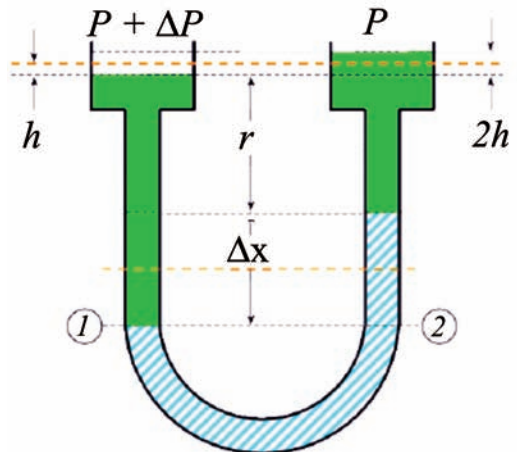
Mérés menete: Ki kell választani egy **referenciaszintet**, ahol az eszközünkben a 2 vízoszlop egyenlő magasságánál a szelepet elzárjuk. Ajánlott erre az épület legalacsonyabb pontja. Vigyük le ide a nyomásmérőt! Ha a vízoszlopok magassága megegyezik, zárjuk el a szelepet!

Ez után fokozatosan menjünk fel az épület legmagasabb szintjéig! Ekkor a **folyadékszintek változni fognak. Minden szinten jelöljük vagy írjuk fel a 2 folyadékoszlop magasságának $\sqrt{\Delta x}$ különbségét** (33. ábra)!

Határozzuk meg az egyes emeletek Δh magasságát is a referenciaszinttől mérve (mondjuk úgy, hogy egy lépcső magasságát megmérjük, és a lépcsőket számoljuk).

Kiértékelés, görbeillesztés: Mért adatokat vezessük táblázatba, ahol szerepelnek a folyadékszint-különbségek, a referenciaszinttől mért távolság és a nyomáskülönbség az emeletek függvényében. Az ELTE TTK-n mért adatok (34. ábra) szolgáljanak például.

Páratlan számú nyomásadatot ábrázoljunk a magasság függvényében! Páros számú emelet esetében először ábrázoljuk mindet (35. ábra), majd a legjobban kiugró értéket hagyjuk el, és az így kapott pontokra **illesszünk exponenciális görbét** (36. ábra) például Origin programmal.



33. ábra

	alagsor	1. emelet	2. emelet	3. emelet	4. emelet	5. emelet	6. emelet	7. emelet
Δh (m)	0	3,98	7,34	10,70	14,06	17,42	20,78	24,14
Δx (m)	0	0,0014	0,0020	0,0024	0,0028	0,0034	0,00400	0,0044
Δp (Pa)= $\Delta x \cdot \rho_{\text{víz}} \cdot g$	0	13,734	19,62	23,544	27,468	33,354	39,24	43,164
p (Pa)= $= 10^5 - \Delta p$	100000,00	99986,26	99980,38	99976,46	99972,53	99966,65	99960,76	99956,84

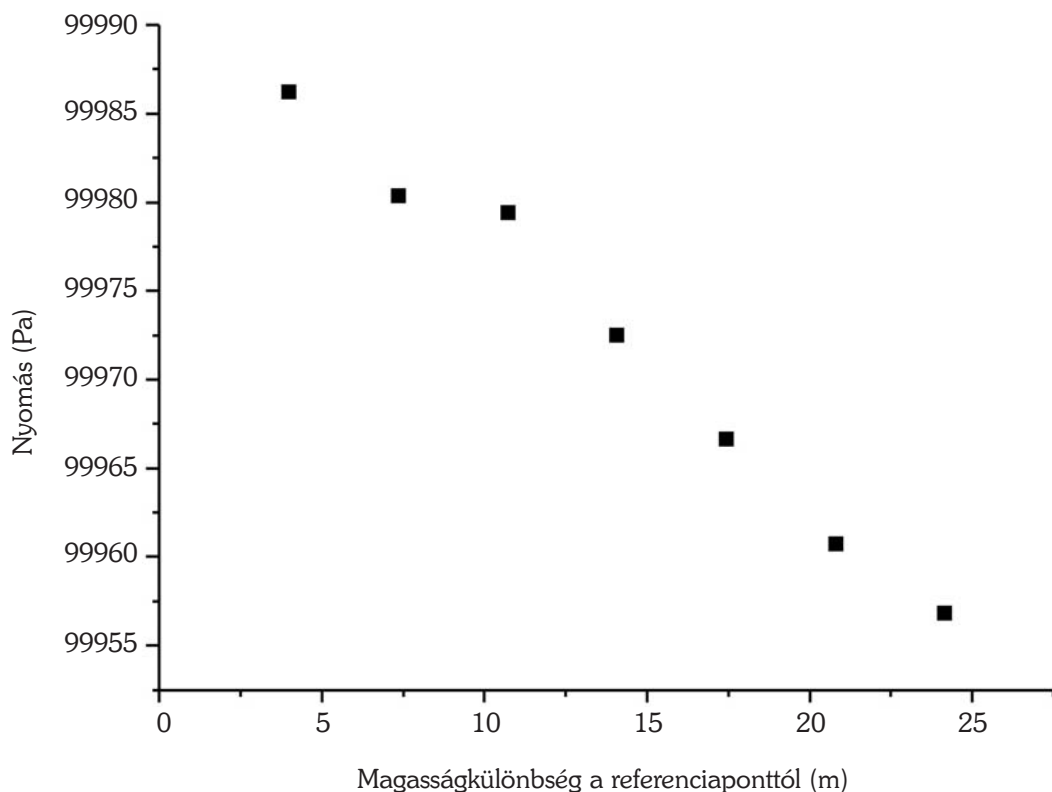
34. ábra

Illesszünk a pontokra egyenest is (37. ábra)!

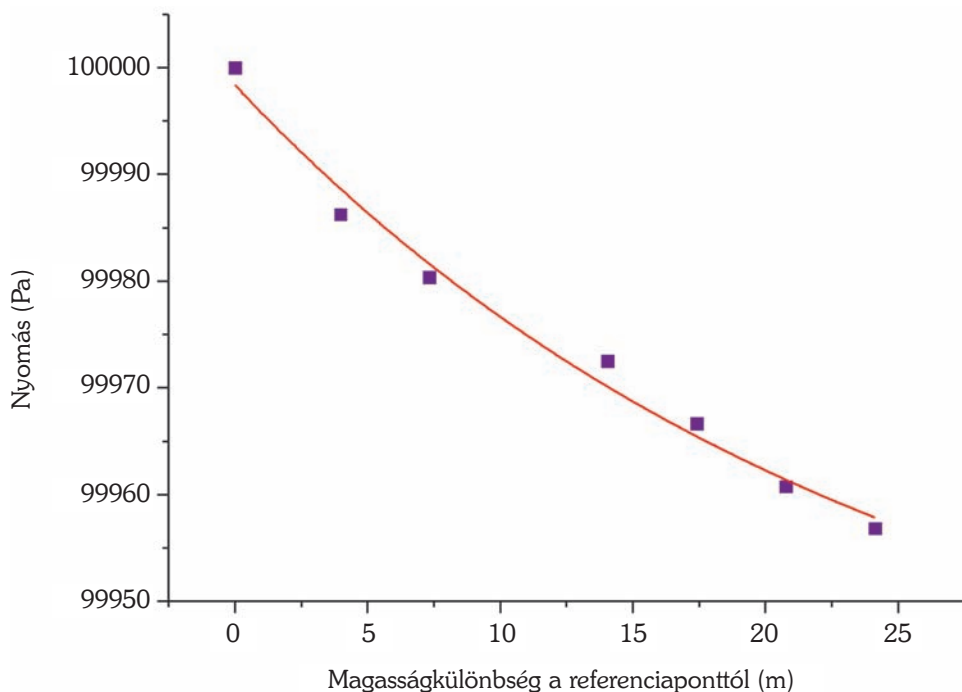
Diskusszió: A fenti utóbbi illesztett grafikon, az egyenes szépen illeszkedik a mérési pontokra. A pontok elhelyezkedése azért közelíti az egyenes arányosság görbéjét (az egyenest), mert nem igazán nagy magasságkülönbség mellett történt a nyomásváltozás vizsgálata, és ekkor pedig lineáris közelítés alkalmazható.

Ekkor az egyenes meredeksége a magasságformulában szereplő exponens értékére utal.

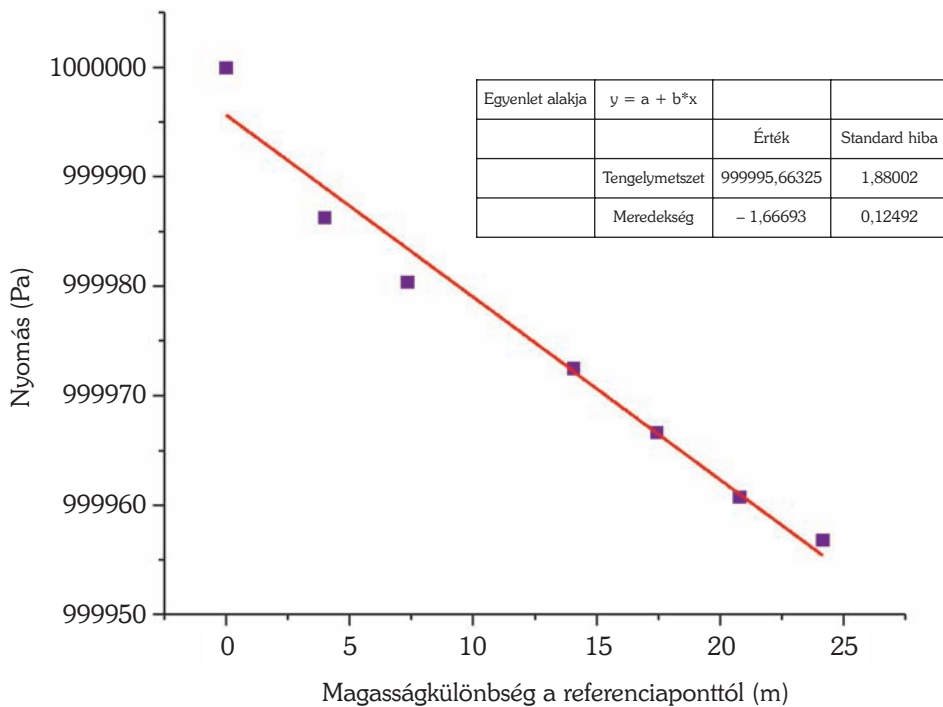
A Fizikai Szemle 2013. évi első számában szereplő írásban gimnáziumi tanulók a János-hegyen végeztek hasonló mérésorozatot. Abban az esetben is közel lineáris függvény adódott a nyomásértékek magasságfüggésére, hiszen hasonlóan kicsik voltak a magasságkülönbségek.



35. ábra



36. ábra



37. ábra

Reakciósebesség hőmérsékletfüggésének vizsgálata

Az Arrhenius-egyenlet empirikus alátámasztása valósítható meg egy kémiai kísérlettel.

A cikksorozat második részében már volt szó a reakciósebességi állandót megadó Arrhenius-egyenletről. Ennek kísérlettel, méréssel való alátámasztása kerül most sorra, miszerint a reakciósebességi állandót megadó formula a hőmérséklet függvényében exponenciális függést, Boltzmann-eloszlást ad.

A mérés célja az, hogy vizsgáljuk a reakciósebességi állandó értékének függését a termodinamikai hőmérséklet nagyságától, illetve alátámasszuk az Arrhenius-összefüggés szerinti exponenciális kapcsolatot. Majd számítsuk ki a kémiai reakció aktiválási energiáját!

Eszközök:

- $7 \cdot 2 = 14$ db kémcső
- kémcsőállvány
- mérőhenger
- cseppentő
- $7 \cdot 3 \text{ cm}^3$ reagens sósavoldat (HCl vizes oldata)
- $7 \cdot 5 \text{ cm}^3$ 0,1 M-os fixírsó-oldat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ vizes oldata)
- desztillált víz
- digitális hőmérő
- Teklin-égő
- kémcsőfogó
- főzőpohár
- jég
- videokamera a kísérlet archiválásához

Mérés menete: Végezzük el a következő kísérletet! Öntsünk össze szobahőmérsékletű vízfürdőben ($T_1 = 285,45 \text{ K}$) **fixírsó vizes oldatát** (nátrium-tioszulfát vizes oldata) **sósavoldattal** (hidrogén-klorid vizes oldata), és **írjuk le a reakció idejét!**

Reakcióegyenlet:



A kísérletben csapadék képződik: **kénkiválást** tapasztalunk, az oldat **megsárgul** (38. ábra). A mérés során azt az időkülönbséget kell



38. ábra

feljegyeznünk, ami az oldatok összeöltése és az opálosodás között telik el.

Ismételjük meg a kísérletet melegebb hőmérsékletű vízfürdőben ($T_2 = 330,35 \text{ K}$), ekkor is írjuk le a reakció idejét!

Indítsuk el a reakciót további különböző hőmérsékleteken is (jeges, illetve melegített vízfürdőben elérhetünk tetszőleges hőmérsékleteket), szintén jegyezzük fel a megfelelő hőmérséklethez tartozó reakcióidőt! Referenciaként valamelyik hőmérséklet(ek)en mérjünk többször! (A mérések elvégzésében nyújtott segítségért köszönetet mondunk Dr. Róka András főiskolai docensnek!)

Megfigyelés: A melegebb vízben sokkal hamarabb megsárgul oldatunk.

Elméleti magyarázat: Ismert, hogy az **aktíválási energia** elérése szükséges a kémiai reakciók végbemeneteléhez. Tehát egy meghatározott értéket elérő, elegendően nagy energiával kell bekövetkeznie a molekulák ütközésének. Ez a statisztikus fizika szemléletéből is adódik, hiszen e kritérium szükséges a molekulaszervezet megbolygatásához, a sok molekula rendszertelen viselkedésének még rendezetlenebbé tételéhez.

Az aktiválási energia elérésére magasabb hőmérsékleten több részecske képes, így **a hőmérséklet emelkedésével nagyon erőteljesen megnő a reakció sebessége.**

Megemlítjük, hogy természetesen most is egyenlő valószínűséggel bekövetkező mikroelosz-

Mérés	Eredeti hőmérséklet (°C)	Hőmérséklet összeöntve (°C)	Termodinamikai hőmérséklet: T (K) [+273,15]	$1/T$ (1/K)	Reakcióidő: t (sec)	Reakcióidő reciproka: $1/t$ (1/sec)	$\ln(1/t)$
1.	0	5,5	278,65	0,003598	110	0,009091	4,70048
2.	5,5	7,2	280,35	0,003567	85	0,011765	4,44265
3.	11	12,3	285,45	0,003503	60	0,016667	4,09434
4.	19,6	19,7	292,85	0,003415	32	0,03125	3,46574
5.	41	36,8	309,95	0,003226	13	0,076923	2,56495
6.	51,5	48,9	322,05	0,003105	7	0,142857	1,94591
7.	61,1	57,2	330,35	0,003027	5	0,2	1,60944

39. ábra

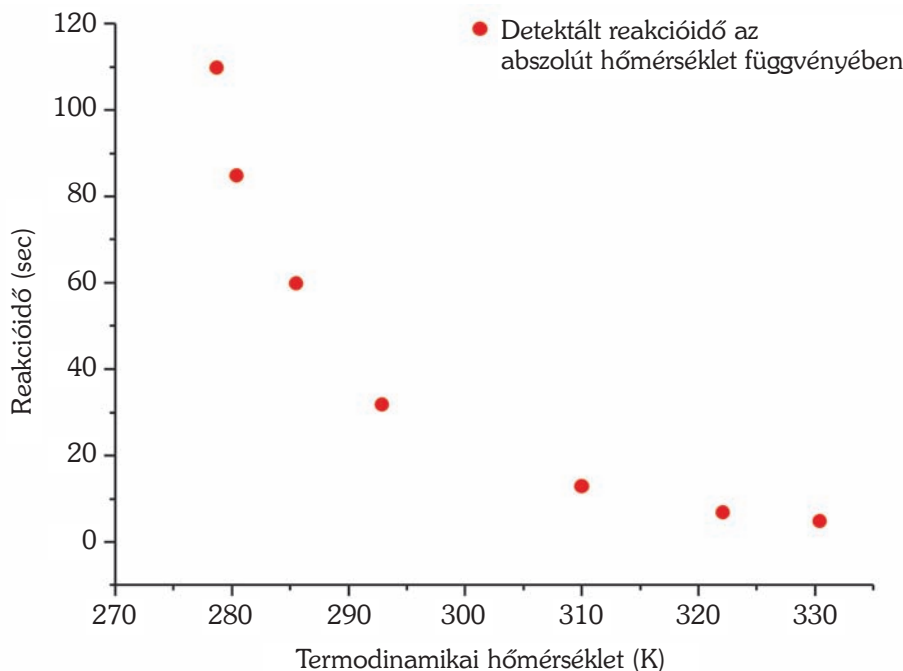
lások segítségével írható le a rendszer viselkedése, mely leírás alapjául a korábbi, számozott gázrészecskes és biliárdgolyós modelljeink szolgálnak.

Kiértékelés, görbeillesztés: **Mért adatainkat vezessük táblázatba, ahol szerepelnek a reakcióidők és a termodinamikai hőmérsékletek, valamint ezek reciprokai, továbbá a reakcióidő reciprokának természetes alapú logaritmusai!**

Páratlan számú hőmérséklet-reakcióidő adatpárunk legyen!

Az abszolút hőmérséklet-reakcióidő ($x - y$) adatpárokat (39. ábra) ábrázoljuk Descartes-koordináta-rendszerben (40. ábra)!

Látható, hogy **a pontokra közelítően egy exponenciális függvény illeszthető**. Tegyük meg ezt az illesztést pl. *Origin* programmal (41. ábra)!



40. ábra

Azonban ahhoz, hogy az **Arrhenius-egyenletből aktiválási energiát is számíthassunk**, egyenesre van szükségünk, hiszen az az egyenes meredekségéből számítható. Ehhez **linearizáljuk** az exponenciális ($y = B + A \cdot e^{-Rx}$ alakú) görbét!

Az Arrhenius-egyenlet fizikai értelemben vett (egy részecskére jutó) energiát tartalmazó alakja (amely nem a moláris aktiválási energiát tartalmazza) a következő ($k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K, a Boltzmann-állandó):

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{k_B T}}$$

Az Arrhenius-egyenlet moláris aktiválási energiát tartalmazó formája pedig ($R = 8,314$ J/molK, az egyetemes gázállandó):

$$k = A \cdot e^{-\frac{(E_a)_m}{RT}}$$

Linearizálva:

$$\ln k\left(\frac{1}{T}\right) = \ln A + \left(-\frac{E_a}{k_B}\right) \cdot \frac{1}{T}$$

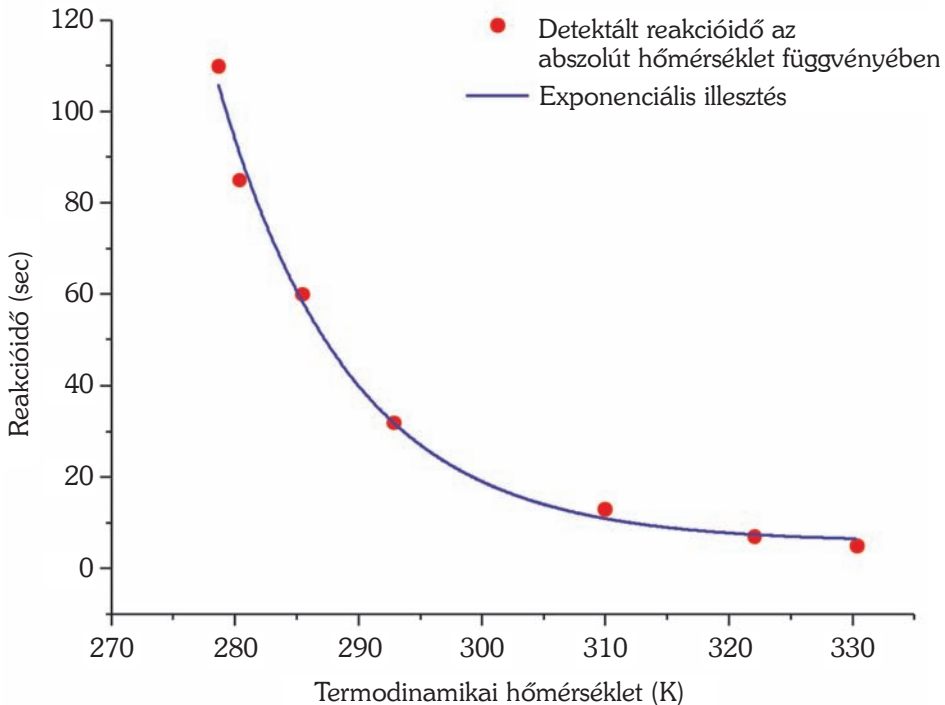
$$\text{illetve } \ln k\left(\frac{1}{T}\right) = \ln A + \left(-\frac{(E_a)_m}{R}\right) \cdot \frac{1}{T}$$

A fenti egyenletekből látva az a legegyszerűbb, ha a hőmérséklet reciprokának függvényében ábrázoljuk a reakciósebességi együttható logaritmusát. Hiszen ekkor egy egyenest kapunk, aminek meredeksége az, ami számunkra érdekes.

Viszont magát a k -t csak kémiai számítások árán kapnánk meg, ami nem anyaga egy fizika fakultációnak. De tudjuk azt, hogy a reakciósebességi állandó arányossági tényezőként szerepel a kémiai reakció pillanatnyi sebességét leíró formulában:

$$\text{valami} \cdot k = v = -\frac{d(\text{kiindulási anyag koncentrációja})}{dt}$$

Tehát mivel minket a reakciósebességi állandó hőmérséklettel való kapcsolata érdekel, és nem vegyészek egzakt méréséről van szó, megtehetjük, hogy k , illetve $\ln k$ helyett $\ln(1/t)$ -t tekintjük a hőmérséklet reciprokának ($1/T$) függvényében. Az $1/t$ a mért reakcióidő reciproka.



41. ábra

Ez arányos a reakció sebességével, mivel a koncentrációváltozások minden mérés esetében azonosak voltak. Ezen pontokra illesztünk egyenest! Így kiküszöböljük a kémia tananyag mélyebb felhasználását egy egyszerűbb ismert kémiai összefüggés és matematikai eszközök segítségével. Ekkor a következő egyenes adódik (42. ábra):

Az egyenes illesztés adatai az *Origin* program kiértékelése szerint:

Egyenlet alakja: $y = a + b \cdot x$

	Érték	Standard hiba
Tengelymetszet:	14,83478	0,61186
Meredekség:	-5405,68365	182,42061

A számunkra lényeges ebből az egyenes meredeksége: $m = -5405,68365$.

A meredekségből az egyetlen részecske aktiválási energia számítása:

$$m = -E_a / k_B \cdot (-k_B)$$

$$E_a = -m \cdot k_B = -(-5405,68365) \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} = 7,46 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

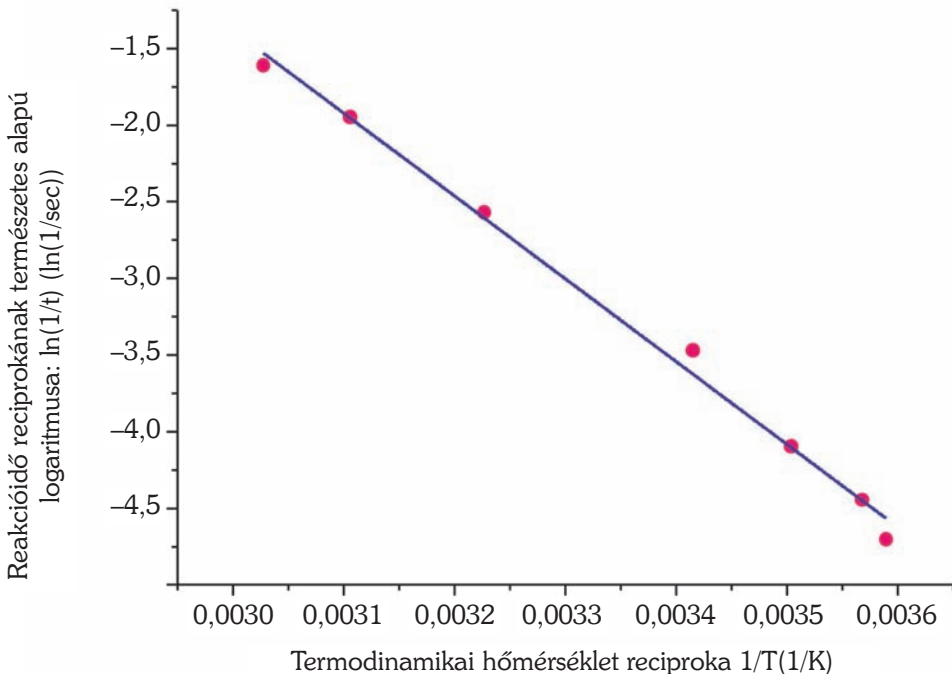
A moláris aktiválási energia pedig:

$$(E_a)_m = -m \cdot R = -(-5405,68365) \cdot 8,314 = 44942,85 \text{ J/mol} \approx 45 \text{ kJ/mol}$$

Diskusszió:

A 41. ábrán látható grafikon alátámasztja, hogy **a reakciósebességi együttható értéke a termodinamikai hőmérséklet szerint exponenciális függést mutat.** Ezzel a megállapítással és az aktiválási energia értékének megadásával **alátámasztottuk az Arrhenius-egyenletet**, melyről látszik, hogy az Boltzmann-eloszlás alakú.

Ha elvégezzük a tényleges kémiai számításokat, azaz a koncentrációval és egyéb kémiai mennyiségekkel számolunk, akkor az egyenes meredekségére -5406,99-et kapunk. Tehát jól számoltunk a mélyebb kémiai ismeretek kiküszöbölésével is. Mindkét meredekség számításakor eltűntünk azzal a feltétellel, hogy az elvégzett kísérlet nem egy pontos reakciókinetikai mérés, mivel csak 1 vizuálisan detektálható ponthoz tartozó időt tudjuk mérni, melynek a következő hibái vannak:



42. ábra

- az opálosodáskor nem ismerjük a valódi tioszulfát-koncentrációt,
- a kén a különböző hőmérsékleteken másképp oldódik, így a detektálásban adódik hiba,
- az opálosodás nem jól definiált időpont.

Továbbá meg kell jegyezni:

- az adatok és a környezet termikus egyensúlya sincs biztosítva,
- az időmérésnek is van pontatlansága,
- az adatok keveredése inkoherens.

Ezekkel a hibákkal viszont nincs probléma, hiszen a demonstrációs kísérletnek nem kell kinetikai vizsgálat szempontjából korrektnek lennie.

Ez a módszer az aktiválási energia számítására csak akkor alkalmas, ha a **reakció egyszerű és termikus aktiválású**.

Víz gőznyomásának változása a hőmérséklet függvényében

A cikksorozat második részében leírtak szerint a víz gőznyomása függ a hőmérséklettől, sőt a víz gőznyomásának változása a hőmérséklet

függvényében szintén exponenciális változást mutat, Boltzmann-eloszlást követ.

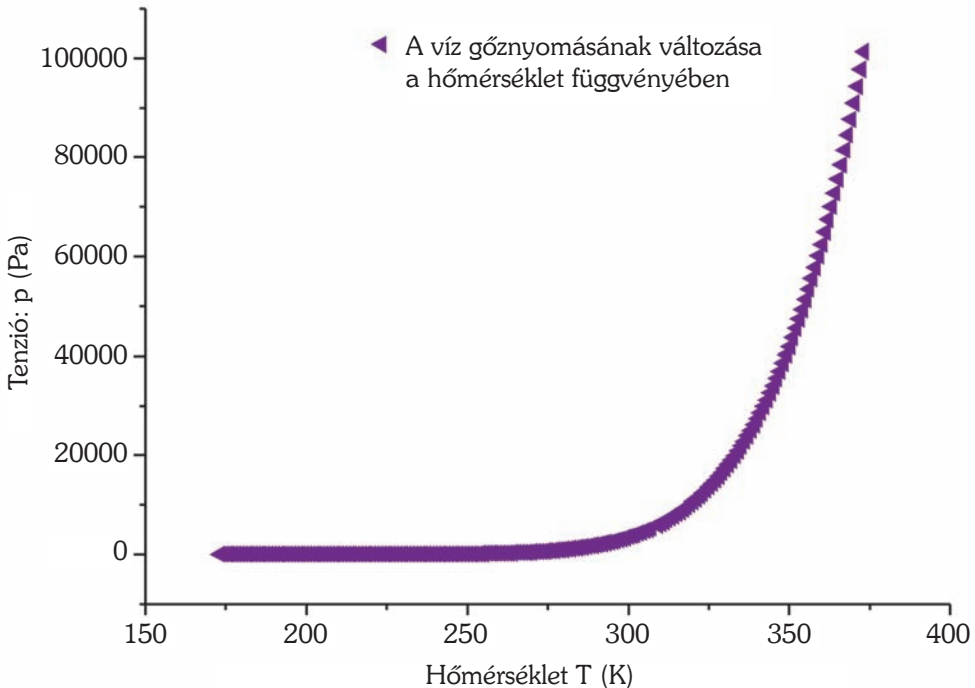
Most ezt az állítást fogjuk alátámasztani mérési eredmények kiértékelésével, mint ahogyan azt cikkünk előző részében felvettük. Továbbá egy becslést is adunk a víz párolgáshőjére az Arrhenius- egyenletnél számolt aktiválási energiához analóg módon tárgyálva.

A következőkben interneten megtalálható adatokat fogunk elemezni. Ez több szempontból fontos és előnyös. Egyrészt a gyermekek élvezik, ha a vilghálóhoz kapcsolódik a tanulási folyamat. Másrészt az egyetemi tanulmányaik során gyakorta lesznek rászorulva hasonló eljárás elvégzésére. S előnyös, ha most van lehetőségük megtanulni és megszokni a procedúrát.

Az adattáblázat internetes elérhetősége:

[http://hu.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADz_\(a_datt%C3%A1bl%C3%A1zat\)](http://hu.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADz_(a_datt%C3%A1bl%C3%A1zat))

A víz tenzióját folyékony víz felett elemezzük. Az elektronikus táblázatban szereplő össze-



43. ábra

tartozó T - p adatpárokat ábrázolhatjuk pl. Origin programmal (43. ábra). A C° -ban mért hőmérséklet helyett az abszolút hőmérséklet legyen az ordinátán!

Illesszünk exponenciálisan a görbére pl. Origin programmal (44. ábra), mert a függvény látszólag jól közelíti a pontpárokat!

A matematikai hozzárendelés formulája ekkor az L_f forráshőt tartalmazza, és a nyomást adja meg (a korábban tárgyalt reakciósebességi állandó helyett). Egy részecskére nézve alakja a következő ($k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K, a Boltzmann-állandó):

$$p = A \cdot e^{-\frac{L_f}{k_B T}}$$

Az Arrhenius-egyenlettel analógiában megadható a moláris forráshőt tartalmazó alak is ($R = 8,314$ J/molK, az egyetemes gázállandó)

Most is linearizáljuk a görbét az Arrhenius-egyenlethez hasonlóan! Azaz ábrázoljuk a nyomás természetes alapú logaritmusát az abszolút hőmérséklet reciprokának függvényében,

majd illesszünk rá regressziós egyenest (45. ábra)!

Az egyenes adatai az Origin programmal való illesztés szerint:

$$\text{Egyenlet alakja: } y = a + b \cdot x$$

	Érték	Standard hiba
Tengelymetszet:	26,52015	0,03375
Meredekség:	-5520,52162	8,54027

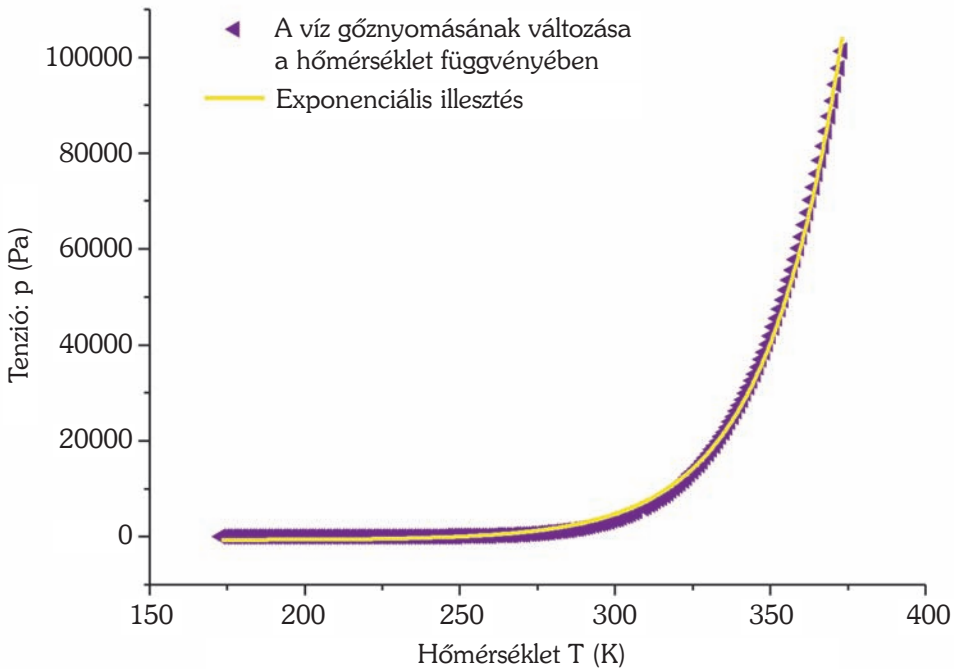
Az egyenes adataiból ezúttal is annak meredeksége lényeges számunkra: $m = -5520,52162$.

Ugyanis a matematikai formula linearizált alakja:

$$\ln p\left(\frac{1}{T}\right) = \ln A + \left(-\frac{L_f}{k_B}\right) \cdot \frac{1}{T}$$

$$\text{illetve } \ln p\left(\frac{1}{T}\right) = \ln A + \left(-\frac{(L_f)m}{R}\right) \cdot \frac{1}{T}$$

Látható, hogy a linearizált Arrhenius-egyenlethez analogikusan (az aktiválási energia számításához hasonlóan) **kiszámítható a meredekségből egy molekula „párolgáshője”**:
 $m = -L_f / k_B \quad / \cdot (-k_B)$



44. ábra

$$L_f = -m \cdot k_B = -(5520,52162) \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \\ \approx 7,62 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

A moláris párolgáshő:

$$(L_f)_m = -m \cdot R = -(5520,52162) \cdot 8,314 = \\ = 45897,62 \text{ J/mol} \approx 46 \text{ kJ/mol}$$

A táblázatokban szereplő 1 kg anyagra –ese-
tünkben vízre, melynek 1 kg-ja 55,5 mol – vo-
natkoztatott párolgáshő pedig:

$$55,5 \cdot 45897,62 \text{ J/(kg} \cdot \text{mol)} = 2547317,91 \text{ J/kg} \approx \\ \approx 2550 \text{ kJ/kg}$$

A fenti két mennyiség szakirodalmi értéke:

$$(L_f)_m = 40,8 \text{ kJ/mol}, \text{ illetve } 2256,37 \text{ kJ/kg}$$

Diskusszió: A 44. ábrán látható grafikon **alátámasztja a víz tenziójának korábban ismertetett exponenciális hőmérséklet-függését.**

Továbbá sikeresen kiszámítottuk a víz párol-
gáshőjét (látens hő) az Arrhenius-egyenletnél
számolt aktiválási energiával analóg módon.
Az irodalmi értékektől való kis eltéréseket az

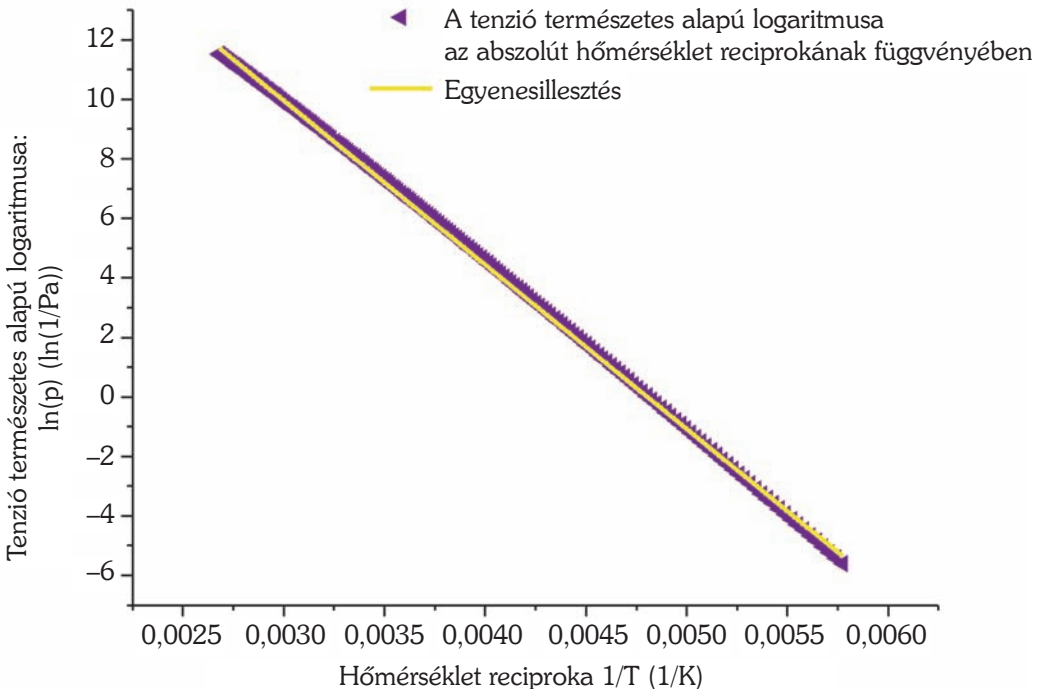
okozza, hogy a párolgáshő valójában függ a hő-
mérséklettől, valamint az interneten található
mérési eredményeknek van mérési hibája.

A fentiekből látható, hogy **igazán sok pél-
da található a Boltzmann-eloszlással leír-
ható jelenségekre.**

7. Szintetizálás

Fbben a lépésben foglaljuk össze, hogy miről
is volt szó a témakör feldolgozása során.

1. Matematikai formulák és azok magyarázata:
 - A Boltzmann-eloszlás/energiaeloszlás fel-
írása
 - A matematikai formula értelmezése
2. Fogalmi váltások, fogalomrendszer:
 - Prekonceptiók (előzetes tudás) felmérése
 - Hőmérséklet fogalma
 - Reverzibilis és irreverzibilis folyamatok
 - Valóságos folyamatok
 - Statisztikus fizika alap gondolata



45. ábra

- Állapotjelzők
- A Termodinamika II. főtétele
- Kvázi egyensúly fogalma
- Boltzmann-eloszláshoz szükséges és fontos fogalom: mikroelozslások

3. Jelenségek, jelenségértelmezés:

- Atomok elozslásának modellezése
 - 2 (biliárd) golyó centrális, tökéletesen rugalmas ütközése
 - sok biliárdgolyó kezdőlkése

4. Jelenségmagyarázat:

1. lépés (Mindennapi közérthető magyarázat): Megbolygattuk a rendszert
2. lépés (Ugyanerre a jelenségre rámutató másik kísérlet/párhuzam): Osztály rajzai
3. lépés (Analogia, mikor hallhattunk ilyenről közép szintű fizikaórán?): Brown-mozgás
4. lépés: Elméleti magyarázat a Statisztikus fizika szerint, Boltzmann-elozslás felírása újra
5. lépés: Levezetés

5. A jelenségek mindennapi életben való megnyilvánulása és történetiség:

- Történetiség: Boltzmann, Maxwell, Clausius, Bernoulli
- Mindennapi életben való megnyilvánulás: barometrikus magasságformula és a légkör vastagsága
- Kémiában való megnyilvánulás: a reakciósebességi állandó hőmérsékletfüggése
- További mindennapokban és a fizikában-kémiában való megnyilvánulás: a víz gőznyomásának változása a hőmérséklet függvényében

6. Problémamegoldás:

- Mérések a légnyomás változására a magasság függvényében
- Reakciósebességi állandó hőmérsékletfüggésének vizsgálata
- Víz gőznyomásának változása a hőmérséklet függvényében

8. Értékelés

Az alábbiakban néhány gondolatot fűzünk a fenti módszerrel tanult diákok teljesítményének értékeléséhez. Szakmai szempontból a legfontosabb az, hogy **milyen szintű és mélységű tudást sikerült megkonstruálnia** a tanulóknak. Ez azonban a **csoporton belül is különböző lehet**.

Az értékelés stílusát és formáját befolyásolja az, hogy reál tagozatos vagy fakultációs **diákjaink milyen irányban szeretnének továbbtanulni**. Hiszen egy leendő mérnöktől sokkal gyakorlatiasabb tudást és szemléletet látunk, mint egy jövőbeli elméleti fizikustól. Egy leendő tanár pedig lényegesen jobban és élvezhetőbben, a témakörbe beleélve magát adja elő a felelet szóban, de írásban lehet sokkal rosszabb, jellegtelen a munkája. Tehát **a pályaorientáció nem homogén a csoporton belül**.

A szokásos témazáró dolgozaton kívül **fontos értékelési szempont lehet a kísérleti munkában való részvétel**. Van, aki az eszközök összeállításában, magában a mérési folyamatban vesz részt szívesen, mások az adatok elemzésében jeleskednek, örömmel dolgoznak a számítógép előtt ülve, megint mások pedig a matematikai levezetésekben mélyednek el szívesebben. Esetleg további példákat hoznak a tanult formulák alkalmazási lehetőségeire stb.

A diákok személyisége, tanulási és felelési stílusa (írásbeli, szóbeli) is eltérő, mely szintén fontos az egyéni szabott értékelési mód megválasztásában. Egy extrovertált gyermek a maga nyitott és szabadabb stílusában tárja elénk a megalkotott tudásvilágot, ahogyan ő is létrehozta. Míg egy introvertált gyermek tömör, zárközött módon fogja bemutatni az általa megkonstruált tudást. A gyermek határozottsága is befolyásolja a feleletet. Még az is közrejátszik abban, hogy miképp felel az adott diák, hogy milyen napja van, és alaptermészeténél fogva ez mennyire van hatással a teljesítményére. S tovább sorolhatnánk számtalan lehetőséget.

Tehát **az egyéniségből adódó tényező nagyon sokrétű és rendkívül eltérő.**

Szabályozza az értékelést az is, hogy **mekkora a tanulók létszáma és milyen az óra általános hangulata.** Egy kis létszámú csoportban van idő arra, hogy mindenki bemutassa projekt munkáját, s annak segítségével ismeresse a tananyagot. Egy családi, jó hangulatú órán a diákok írásbeli vagy szóbeli produkcióit értékelhetjük közösen is, és a felelő teljesítményét nem fogja befolyásolni az, hogy fél a jelen lévők előtt megmutatni tudását.

Arra, hogy milyen típusú értékelést alkalmazhatunk, többek között hatást gyakorol még az **iskola profilja** is. Egy reformpedagógiai intézményben a megmérettetési formák tengernyi számú tárháza áll rendelkezésünkre. Egy hagyományos iskolában minden gyermeknél ugyanolyan módon és egy időben kell értékelnünk tudásukat, s az értékelés módjának lehetőségei a klasszikus szóbeli és írásbeli feleletben kimerülnek.

Összefoglalóan: három részes írásunkban bemutattuk, hogy az általunk ajánlott szakdidaktikai módszert követve miként javasoljuk egy fizikai témakör emelt szintű, fakultációs órákon történő feldolgozását.

A feldolgozási folyamatot 8 szakaszra bontottuk:

1. Matematikai formulák és azok magyarázata
2. Fogalmi váltások, fogalomrendszer
3. Jelenségek, jelenségértelmezés
4. Jelenségmagyarázat
5. A jelenségek mindennapi életben való megnyilvánulása és a történetiség
6. Problémamegoldás
7. Szintetizálás
8. Értékelés

A fenti szakaszokat alkalmaztuk a Boltzmann-eloszlás feldolgozását bemutató módszertani ajánlásunkban.

A három részes írásunk első részében ismertettük a tanulási/tanítási folyamat első két szakaszát: a matematikai formula felírásának és an-

nak magyarázatának ajánlott metódusát; illetve a fogalmi rendszer kialakítását.

Írásunk második részében került sor a témakör feldolgozására vonatkozó, soron következő három szakasz leírására: a jelenségek, jelenségértelmezések; a jelenségmagyarázat; továbbá a mindennapi életben való megnyilvánulás és a történetiség.

Jelen utolsó részben pedig a Boltzmann-eloszlás bemutatásának hatodik, hetedik és nyolcadik szakasza következett: a problémamegoldás; a szintetizálás vázlata; valamint néhány gondolat a tanulók értékeléséhez.

A problémamegoldás keretében olyan példák szerepeltek, melyeket már az ötödik szakaszban felvezettünk. Itt kísérleti eredmények kiértékelésére, megvitatására és értelmezésére tettünk ajánlásokat, nem pedig hagyományos középiskolai fizika példatárakban szereplő feladatok megoldására. Sikeresen alátámasztottunk ismert összefüggéseket, és kiszámítottunk ismeretlen, de impliciten megadható fizikai mennyiségeket.

Fakultációs órán történt tényleges kipróbálás tapasztalatai alapján kijelenthetjük, hogy a diákok képesek követni az újszerű feldolgozási módot, aktív részesei tudnak lenni az ilyen szemléletű tanóráknak.

A módszer által a diákok bevezetést kapnak egy, a megszokott középiskolai szemlélettől eltérő felfogás elsajátításához. A tárgyalt témakör kapcsán olyan ismeretekre tesznek szert, amit egyébként az egyetemen teljesen újként kellene önállóan megszerezniük. Tapasztalatunk szerint a tanulók képesek a témakörhöz tartozó fontos fogalmak megkonstruálására, mely az egyetemi szinttől csak egzaktságban, absztraktságban és részletességében marad el.

Munkánk fontos célja volt az is, hogy a középiskolai és az egyetemi szint közötti hatalmas különbség áthidalására tegyünk kísérletet az ajánlott feldolgozási folyamat segítségével. Azt szeretnénk elérni, hogy az egyetemek természettudományi karaira kerülő hallgatók fizika, kémia, környezettan és földtudomány sza-

kon ne ütközzenek a szükséges szakmai alapok hiánya miatt tanulmányi problémákba. Úgy gondoljuk, hogy azon tanulóknak, akik részesei voltak a cikkünkben leírt szemléletű oktatásnak, nem lehet esélytelen elsajátítaniuk olyan kurzusok tananyagát, melyekről valamilyen mélységben az egyetemi szemléletnek megfelelően tanultak. Ekkor nem lép fel sem pszichikai gát az újtól való megrettenés miatt, és olyan eset sem állhat fenn, hogy nem sikerül kialakítani az új megközelítést, hiszen már kialakítottuk (alacsonyabb szinten).

Irodalom

- [1] Gulyás János – Markovits Tibor – Szalóki Dezső – Varga Antal (1996): *Fizika. Modern fizika*. Calibra Kiadó
- [2] Gallai Ditta: Fizika a János-hegyen. Vetélkedő gimnazistáknak. *Fizikai Szemle*. LXIII. évfolyam 2013/1. 26–31.
- [3] Halász Tibor – Jurisits József – Szűcs József (2008): *Fizika 10. osztályosoknak*. MOZAIK Kiadó

- [4] Halász Tibor – Jurisits József – Szűcs József (2008): *Fizika 11–12. osztályos közép- és emelt szintű érettségire készülőknek*. MOZAIK Kiadó
- [5] Juhász András (2001): *Fizikai kísérletek gyűjteménye I.* Archimédész Bt.
- [6] Radnóti Katalin – Nahalka István – Wagner Éva – Poór István (2002): *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó
- [7] Nagy Mária (2012): *A fizikatanítás pedagógiája: Matematikai eszközök alkalmazása a fizika tanításában*. TDK-dolgozat. Témavezető: Radnóti Katalin
- [8] Tóth Eszter (1984): *Fizika IV.* Tankönyvkiadó

Elektronikus források

- [1] Radnóti Katalin: Projektoktatás. *A konstruktivista pedagógia alapjai*. <http://members.iif.hu/rad8012/pedagogia/Projektoktataskonstruktivizmus.ppt>
- [1] Radnóti Katalin, Kiss Csilla: *A konstruktivista tanuláselmélet bemutatása a mechanika példáján keresztül*. <http://metal.elte.hu/~radkat/menu/kezdo.htm>

Dr. Székely László – Dr. Farkas Zsuzsanna – Dr. Víg Piroska – Dr. Seres István

Egy szintfelmérő dolgozat eredményei és tanulságai mérnök és fizika BSc szakokon

A fizika szakterületen oktató kollégák tapasztalatai, de korábbi nagymintás mérések eredményei is azt mutatják (pl. [5,6,7]), hogy a műszaki, illetve a fizika szakos képzésekre felvételt nyert hallgatók jelentős részének fizikatudása nem éri el a főiskolák, egyetemek által elvárt, a tantervben szereplő szakmai, illetve fizika tárgyak elsajátításához szükséges szintet. Emiatt a felsőoktatási intézmények általában szintfelmérő dolgozatot íratnak, és ennek eredményétől függően alapozó,

felzárkóztató kurzusokat tesznek kötelezővé, vagy ajánlanak a hallgatóknak.

Tanulmányunkban két egyetem – a gödöllői Szent István Egyetem Gépészmérnöki Karának mérnöki (gépészmérnöki, mezőgazdasági és élelmiszeripari gépészmérnöki, mechatronikai mérnöki és műszaki menedzser), illetve a Szege-di Tudományegyetem fizika – BSc szakjaira a 2012/13-as tanévben felvételt nyert, elsőéves, nappali tagozatos hallgatók fizika alapozó kurzusokhoz kapcsolódó szintfelmérő dolgozatának

eredményeit tekintjük át. A dolgozat egy-egy számolási feladatot tartalmazott a kinematika, a statika, a dinamika, az egyenáramú áramkörök és az ideális gázok témaköreiből, a feladatsor nehézségi szintje körülbelül a középszintű érettségi szintjének felelt meg. A dolgozat írásakor a hallgatók egy matematikai tesztet is megírtak, illetve önkéntes alapon egy kérdőívet is kitöltöttek; ez utóbbi alapján árnyaltabb képet kaphattunk arról, hogy milyen háttértényezők befolyásolják a hallgatók teljesítményét. Célunk az volt, hogy saját felmérésünk alapján is lássuk egyrészt azt, hogy valóban szükség van-e felzárkóztató kurzusokra, másrészt azt, hogy az alapozó kurzusok hasznosak-e a hallgatóknak.

Az általunk vizsgált két egyetem közül a SZIE Gépészmérnöki Karán a felzárkóztató kurzust a tanév megkezdése előtt tömbösített formában, az SZTE-n pedig félév közben tartják. Ezért arra is szerettünk volna választ kapni, hogy melyik forma lehet alkalmasabb a felzárkóztatásra.

A háttérváltozókra vonatkozó részletes elemzéseink többségét, illetve a kurzusok hatékonyságának vizsgálatát egy későbbi alkalommal tervezzük közzé, jelen tanulmányban a fizika szintfelmérő dolgozat eredményeit, tapasztalatait mutatjuk be. Megemlítjük még, hogy a fent említett matematika teszt alapján írt 2011-es felmérés eredményeiről egy bővebb elemzés található a [2] tanulmányban.

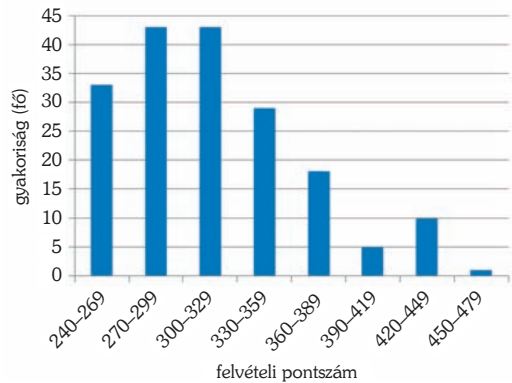
A mérés mintája, a kérdőív

A mérnök szakos hallgatók közül 259, a fizika szakosok közül 65 írta meg a szintfelmérő dolgozatot. A kérdőíven a hallgatók következő háttéradataira kérdeztünk rá: felvételi pontszám, érettségizett-e fizikából, milyen szinten érettségizett fizikából, illetve milyen a fizika érettségi jegye, középiskola típusa, azon belül figyelembe véve a szakközépiskolák típusát is, járt-e középiskolában fakultációra, indult-e középiskolás tanulmányai alatt fizikaversenyen, mely évben érettségizett.

Az adatok tisztítása után mintánk összesen 182 mérnök, illetve 47 fizika szakos hallgatóból áll.

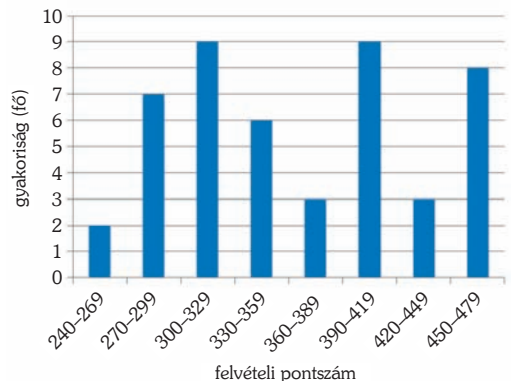
A háttéradatak közül most csak a felvételi pontszámokat és az érettségi eredményeket mutatjuk be röviden. Elsőként a felvételi pontszámokat tekintjük át.

A SZIE Gépészmérnöki Karán folyó gépészmérnöki, mezőgazdasági és élelmiszeripari gépészmérnöki, mechatronikai mérnöki és műszaki menedzser szakokon, illetve az SZTE fizika szakán a felvételi ponthatár közel 240 pont volt, a mérnök szakos hallgatók felvételi pontszámának átlaga 317, míg fizika szakon 366 pont volt. Az alábbi grafikonokon (1–2. grafikon) a hallgatók felvételi pontszámának eloszlását is bemutatjuk.



1. grafikon

A SZIE Gépészmérnöki Karára 2012-ben felvett mérnök szakos hallgatók felvételi pontszámának eloszlása



2. grafikon

Az SZTE fizika szakára 2012-ben felvett hallgatók felvételi pontszámának eloszlása

A következő táblázatban (1. táblázat) összefoglaljuk, hogy az egyes szakokon a hallgatók hány százaléka érettségizett fizikából és azt milyen szinten tette.

Látható, hogy jelentős eltérés mutatkozik a két szakon a fizikából érettségizettek arányában, a mérnök szakos hallgatók közel háromnegyede nem érettségizett a tárgyból, ezzel szemben ez az arány fizika szakon csupán 10%.

A fizika felmérés mérőeszköze

Az egyetemre történt belépéskor írt szintfelmérő dolgozat „A” variánsát alább mutatjuk be. A „B” variáns ettől a feladatok sorrendjében, illetve a számadatokban tért csak el, a két változat ekvivalensnek tekinthető, ezért a „B” variáns ismertetésétől eltekintünk. A feladatsor, melyen maximálisan 50 pontot lehetett szerezni, az alábbi öt feladatból állt.

„A” variáns

1. Egy autóbusz 2 megálló közötti utat odafelé 40 km/h, visszafelé 70 km/h átlagos sebességgel tett meg. Mennyi az oda-vissza útra számított átlagsebessége?

(10 pont)

2. Egy 25 fokos lejtőn mekkora lejtőirányú erővel kell húznunk a 30 kg tömegű ládát, hogy 0,2 súrlódási együttható esetén a láda 2 m/s² állandó gyorsulással mozogjon felfelé a lejtőn?

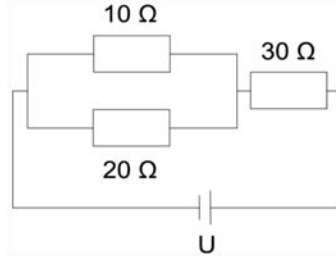
(12 pont)

Érettségi szintje	Mérnöki szakok (%)	Fizika szak (%)
Középszintű	23,1	57,5
Emelt szintű	1,6	17,0
Mindkettő	1,1	14,9
Nem érettségizett	74,2	10,6

1. táblázat

A hallgatók eloszlása a fizika érettségi szintje szerint

3. Az ábrán látható kapcsolásban mekkora a 20 Ω ellenálláson mérhető teljesítmény? $U = 30\text{ V}$. (10 pont)



4. Egy 20 kg tömegű táskát két egymás mellett álló gyerek tart közösen. Mivel a gyerekek nem azonos magasságúak, az általuk kifejtett tartóerő iránya különböző, a függőlegessel 30, illetve 60 fokos szöget bezáró. Mekkora erőt fejtenek ki a gyerekek?

(8 pont)

5. Hány mól levegő van egy 5m x 6m x 3m méretű teremben, ha a nyomás 100 kPa és a hőmérséklet 22°C? Mennyi lesz a nyomás, ha a zárt terem levegőjének hőmérséklete 32°C-ra nő?

(10 pont)

A fizika szakosok feladatsora kiegészült még egy hatodik, optika feladattal is. Utóbbi a két szak igényeinek különbözősége miatt szerepelt, a feladat eredményének ismertetésétől ezen dolgozatban eltekintünk.

A feladatok megoldókulcsát úgy készítettük el, hogy a feladatokat logikai lépésekre bontottuk. A dolgozatok értékelésének fő szempontja szerint minden helyes logikai lépés, számítás, képlet két pontot ér, a részben hibás logikai lépés, pl. hiányos ábra, számolási hiba egy pontot, míg a hibás logikai lépésre nem kaptak pontot a hallgatók. A jelenlegi felvételi eljárás szabályainak megfelelően azonban a rossz rész-eredménnyel végrehajtott helyes logikai lépések szintén két pontot értek. A feladatok megoldásához a mérnök szakos hallgatók segédeszközként számológépet és négyjegyű függvénytáblázatot is, míg a fizika szakos hallgatók csak számológépet használhattak.

A feladatok részpontszámai a következőképpen alakultak:	3/5. a teljesítmény	2 pont
1. feladat:	összesen	10 pont
1/1. átlagsebességre vonatkozó összefüggés		2 pont
1/2. rész- és összes menetidő		2 pont
1/3. egyenlet felírása		2 pont
1/4. paraméter kezelése		2 pont
1/5. végeredmény		2 pont
összesen		10 pont
2. feladat:	4. feladat:	
2/1. ábra	4/1. ábra	2 pont
2/2. dinamika alapegyenlete	4/2. egyensúly feltétele	2 pont
2/3. lejtő irányú komponensek egyenlete	4/3. komponensekre vonatkozó egyenletek	2 pont
2/4. lejtőre merőleges komponensek egyenlete	4/4. az erők	2 pont
2/5. súrlódási erő kezelése	összesen	8 pont
2/6. a keresett erő		
összesen		10 pont
3. feladat:	5. feladat:	
3/1. párhuzamos eredő	5/1. mértékegységek átváltása	2 pont
3/2. soros eredő	5/2. egyesített gáztörvény	2 pont
3/3. főkörbeli áramerősség	5/3. mólszám	2 pont
3/4. az ellenálláson az áramerősség vagy a feszültség	5/4. Gay-Lussac II. törvény	2 pont
	5/5. a hőmérséklet	2 pont
	összesen	10 pont
	Összesen: 50 pont	
	Természetesen a más módszerrel történő helyes megoldás esetén a helyettesített részre vonatkozó részpontokat megadtuk.	
	Eredmények	
	A felmérés dolgozat átlageredménye 9,9 pont, a szórás pedig 11,9 pont volt. Az egyes szakokra lebontva: a mérnök szakos hallgatók átlagteljesítménye 7,4 pont volt, a pont-	

számaik szórása 9,2 pont, a fizika szakos hallgatók esetében ezen értékek rendre 19,8, illetve 15,5 pont.

Érdeemes megnézni azt is, hogy a pontszámok eloszlása milyen alakú.

Először vizsgáljuk meg a két szak hallgatóinak együttes eredményét (3. grafikon)! A hallgatók közel 50%-a legfeljebb 5 pontot szerzett, 15%-a pedig 6 és 10 pont közötti teljesítményt ért el; az eredmények eloszlása jól közelíthető exponenciális eloszlással. Ez az eredmény, úgy véljük, egybecseng a Radnóti és Pipek [5] által bemutatottakkal, az ott kapott magasabb pontszámok és azok némileg különböző eloszlása valószínűleg az abban a feladatsorban szereplő tesztkérdések miatt volt.

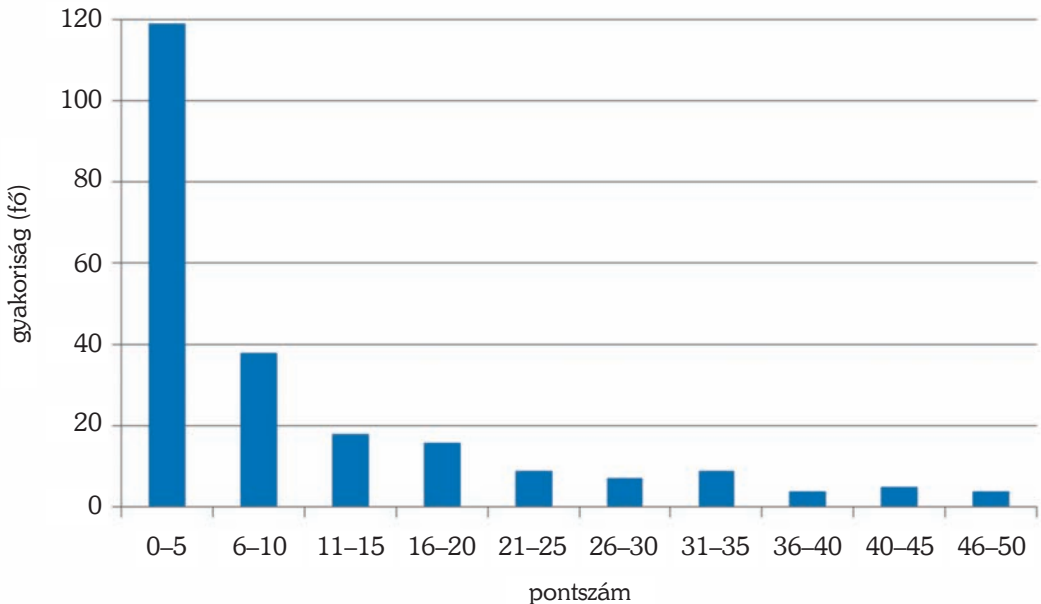
A mérnök szakos hallgatók eredményeinek eloszlása hasonló a teljes mintához, ez részben annak is köszönhető, hogy a teljes mintában a fizika szakos hallgatók számához képest magas az arányuk (4. grafikon).

A fizika szakos hallgatók között magas azok aránya, akik vagy nagyon kevés, vagy nagyon

sok pontot szereztek, az ő eredményeiket leszámítva a pontszámuk eloszlásának középső szakasza közelítőleg normális eloszlású (5. grafikon).

A következőkben tekintsük át, hogy az egyes feladatokban hogyan teljesítettek a hallgatók.

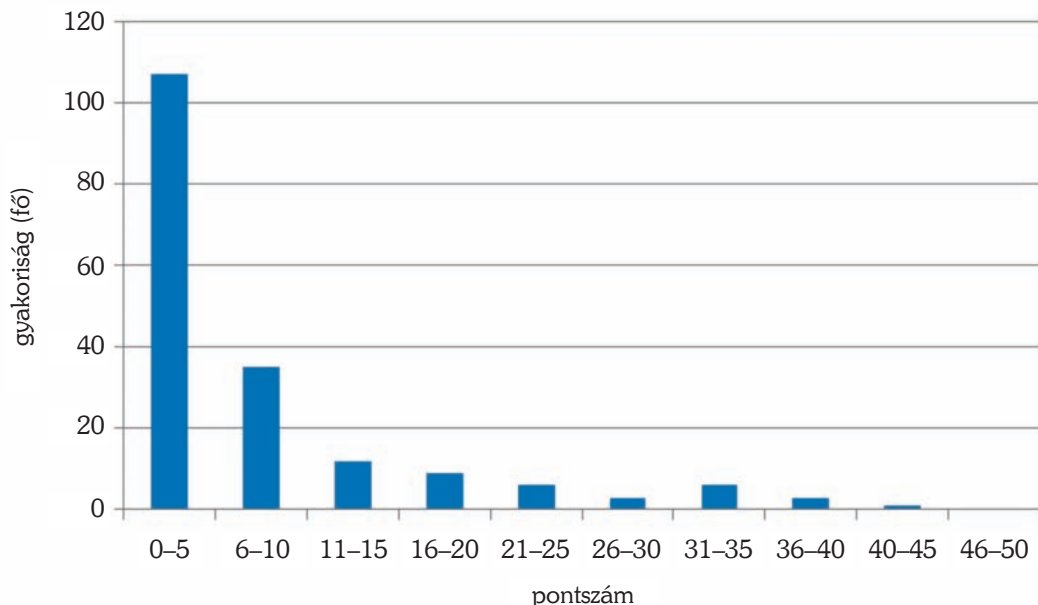
Az átlagsebesség a kinematika témakörének egyik alapfogalma, az egyenletes mozgás egyik alapvető jellemzője. Annak ellenére, hogy mind általános, mind középiskolában számolási feladatokon keresztül is alkalmazzák a definíciót, a hallgatók túlnyomó többsége egyszerűen a két sebesség átlagát tekintette az átlagsebességnek, számszerűen a mérnök szakos hallgatók közel 80%-a, a fizika szakos hallgatóknak pedig közel a fele követte el ezt az elvi hibát. Ezek közül a hallgatók közül alig akadt olyan, aki fel tudta volna írni az átlagsebesség számítására vonatkozó definiáló képletet. Lényegében helyes megoldást adott a hallgatók 10, illetve 40%-a, kevesen voltak azok, akik ugyan helyes úton indultak el, de elszámolták a feladatot. A feladat pontátlagosa a mérnöki szakokon 1,2 pont, míg a fizika szakon 4,2 pont volt.



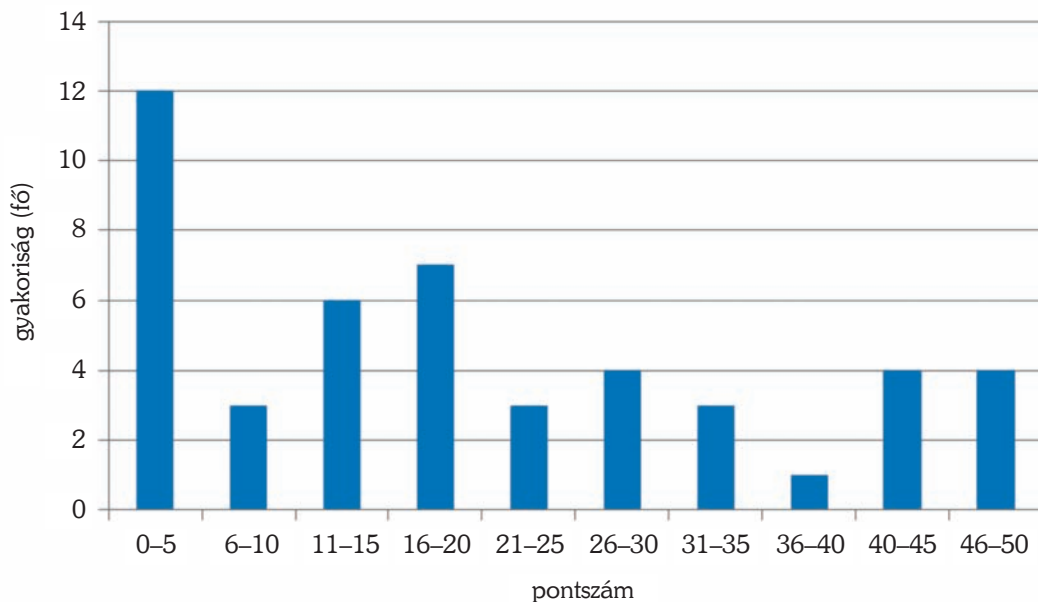
3. grafikon
A pontszámok eloszlása a két szakon együtt

Az egyenletesen változó mozgást a lejtős feladat képviselte. Ez a feladat bizonyult a felmérés során a legnehezebbnek, a pontszámok

átlagja a mérnöki szakokon 1,1 pont, míg a fizikán 3,9 pont volt a maximálisan megszerezhető 12-ből.



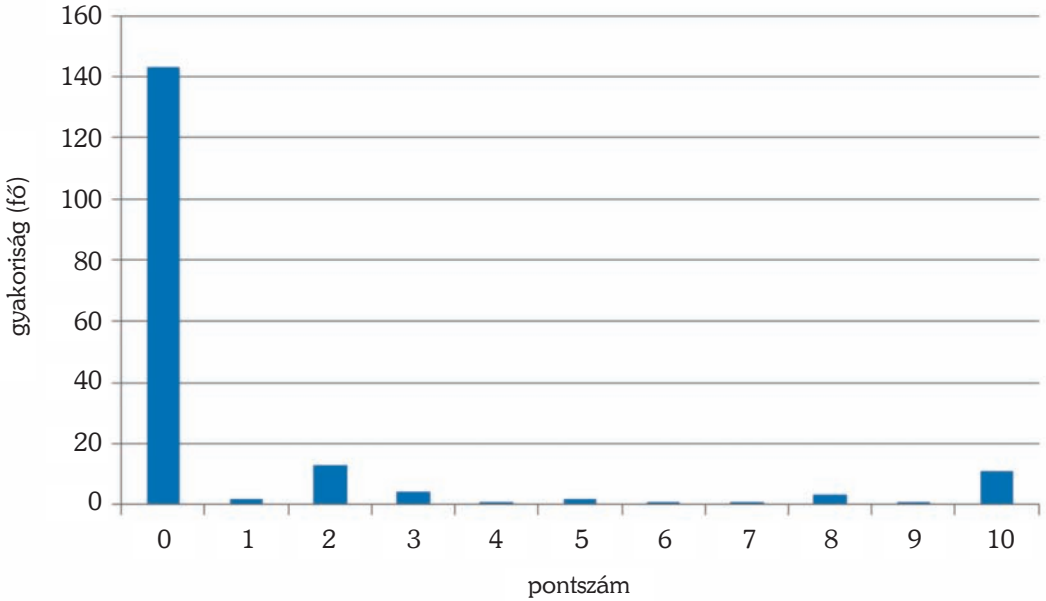
4. grafikon
A pontszámok eloszlása a mérnöki szakokon



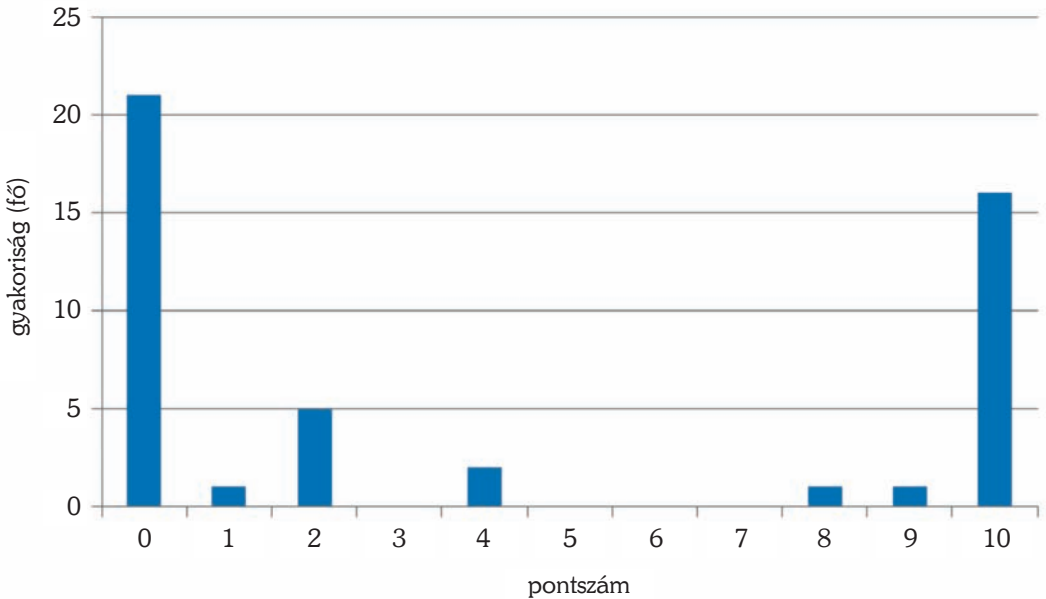
5. grafikon
A pontszámok eloszlása fizika szakon

Az ilyen típusú dinamika feladatok segítségével jól fel lehet mérni, hogy a diákok felismerik-e a kölcsönhatásokat, a testre ható erőket,

tudják-e, melyiknek hol van a támadáspontja, illetve fel tudják-e bontani az erőket a megfelelő komponensekre. Sajnos a mérnök hallgatók



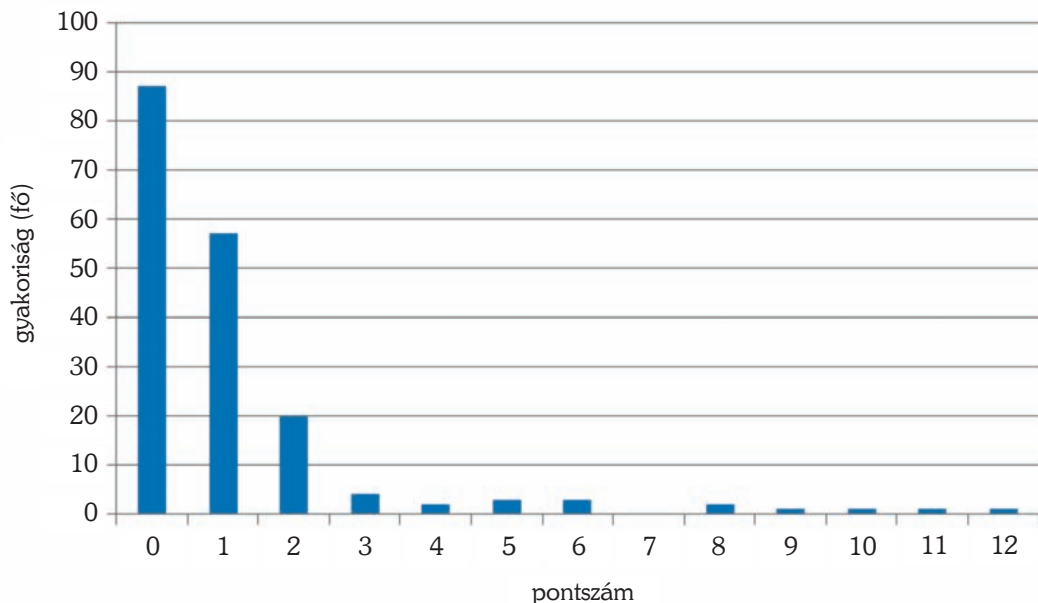
6. grafikon
A kinematika feladat pontszámainak eloszlása a mérnöki szakokon



7. grafikon
A kinematika feladat pontszámainak eloszlása fizika szakon

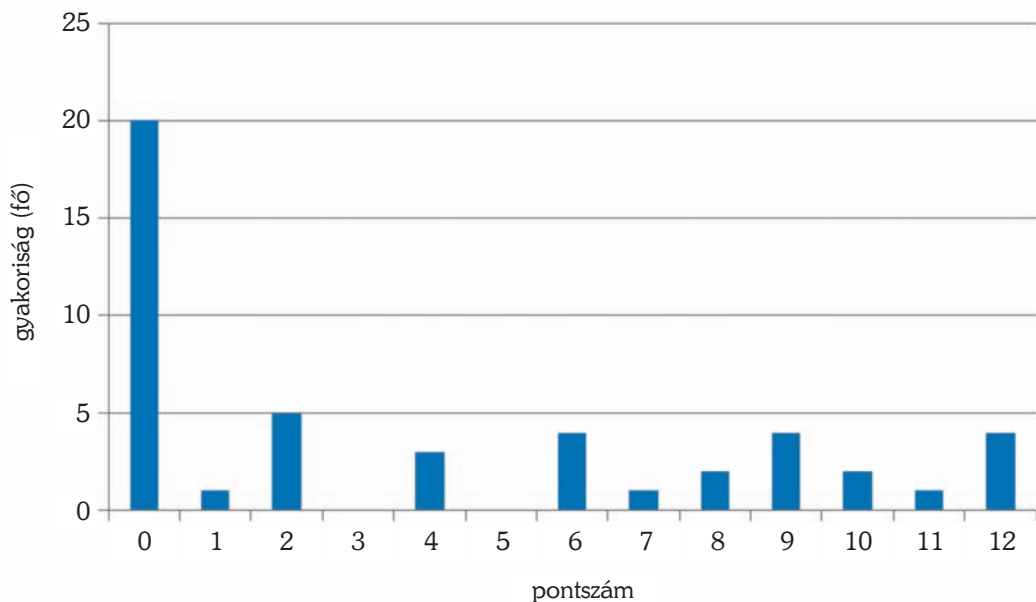
közel 90%-a, míg a fizika szakos hallgatók közel fele nem boldogult a testre ható erők berajzolásával. Sok esetben egyáltalán nem jelöltek be

egyetlen erőt sem a hallgatók, típushiba volt, hogy a súrlódási erő a mozgás irányába mutatott, de többeknél előfordult, hogy a gravitációs



8. grafikon

A dinamika feladat pontszámainak eloszlása a mérnöki szakokon



9. grafikon

A dinamika feladat pontszámainak eloszlása fizika szakon

erő a lejtőre merőleges volt, illetve azt több esetben hibásan tudták csak lejtő irányú és lejtőre merőleges komponensre bontani. Azon hallgatók közül, akik helyes ábrát rajzoltak, többen így is számolási hibát vétettek, gyakori probléma volt az egyenletek rendezése, illetve a trigonometrikus függvények kezelése. Lényegében helyes megoldást a mérnök szakos hallgatók 2%-a adott, a fizika szakos hallgatók esetében ez az arány 10% volt.

Az egyenáramú áramkörök esetében kulcsfontosságú felismerni, hogy az áramkörbe kapcsolt fogyasztók milyen módon vannak kötve, ezek után már „csak” az – elvileg – jól ismert áramkörü mennyiségek közötti összefüggéseket kellene alkalmazni. Sajnos a feladatsorban szereplő vegyes kapcsolás túl nehéznek bizonyult a hallgatók számára: a mérnök szakos hallgatók átlagosan 1,8 pontot, a fizika szakos hallgatók pedig 3,3 pontot szereztek.

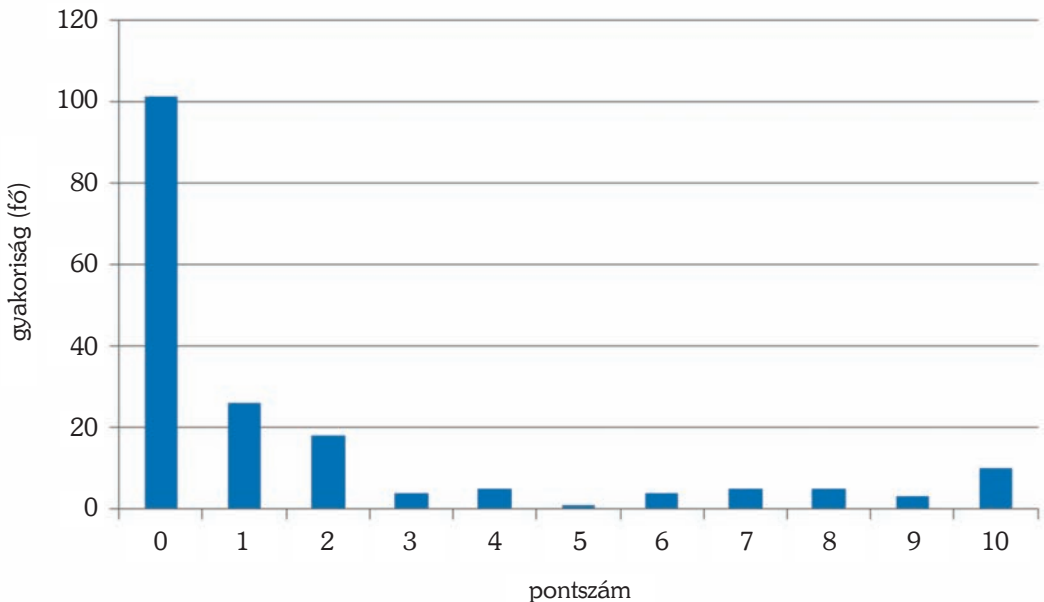
Mindannyian szakon a hallgatók közel fele egyáltalán nem tudott mit kezdeni a feladattal, viszont lényegében helyes megoldást a hallgatók közel 10, illetve 20 százaléka adott. Sokan sajnos csak a teljesítmény kiszámítási módját tudták felírni. Ki kell emelnünk a különösen sok számolási hibát: a pár-

huzamosan kapcsolt fogyasztók eredőjének kiszámítása sok problémát okozott, illetve többször lehetett találkozni olyan hallgatóval, aki rögtön az egész áramkör eredő ellenállását akarta kiszámolni, de az vizont már nem sikerült. Ezeknek a hibáknak többnyire az az oka, hogy a hallgatók számottevő hányada bizonytalanul számol a törtekkel.

A statika feladat – mely 8 pontot ért – megoldása során hasonló problémák merültek fel, mint a lejtős feladat esetében. A feladatra adott pontok átlaga a mérnök szakosok esetében 1,4 pont, a fizika szakosok esetében pedig 2,8 pont volt.

Sajnos sokaknak a feladat szövege alapján az ábrát sem sikerült megrajzolni. A mérnök szakos hallgatók 85%-a nem jutott túl az ábra megrajzolásán, illetve a testre ható erők berajzolásán, a fizika szakosok esetében ez az arány közel 55% volt. A feladatra helyes megoldást a mérnöki szakokra járók 5%-a, a fizika szakra járóknak pedig 15%-a adott.

A feladattípus gyenge eredményei miatt is érdemes megjegyeznünk, hogy a statika témaköre – annak ellenére, hogy komoly szerepe van a mérnöki tudományokban – nem kap elegendő

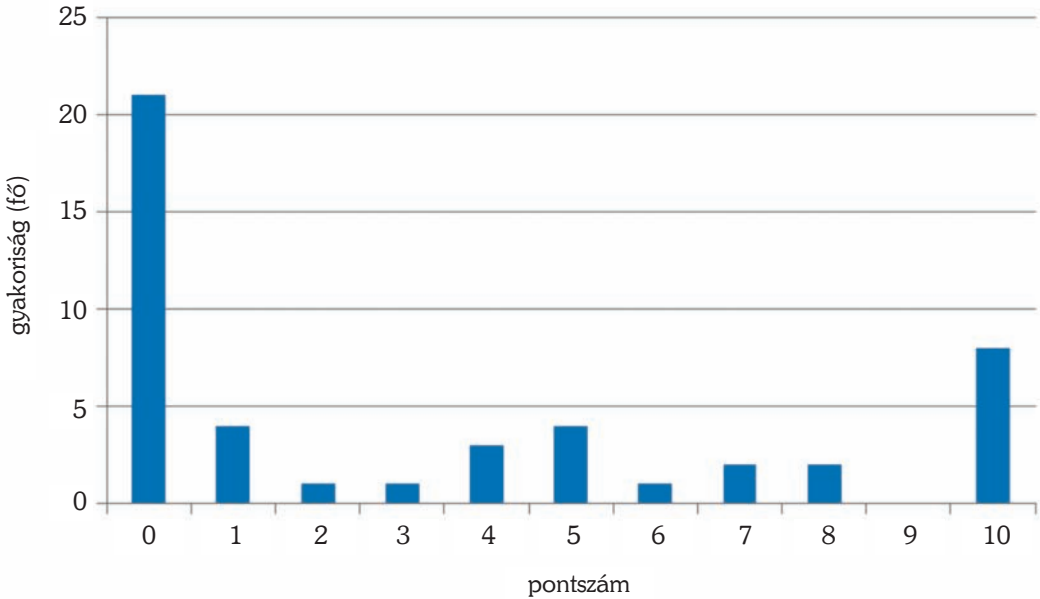


10. grafikon

Az elektromosságtani feladat pontszámainak eloszlása a mérnöki szakokon

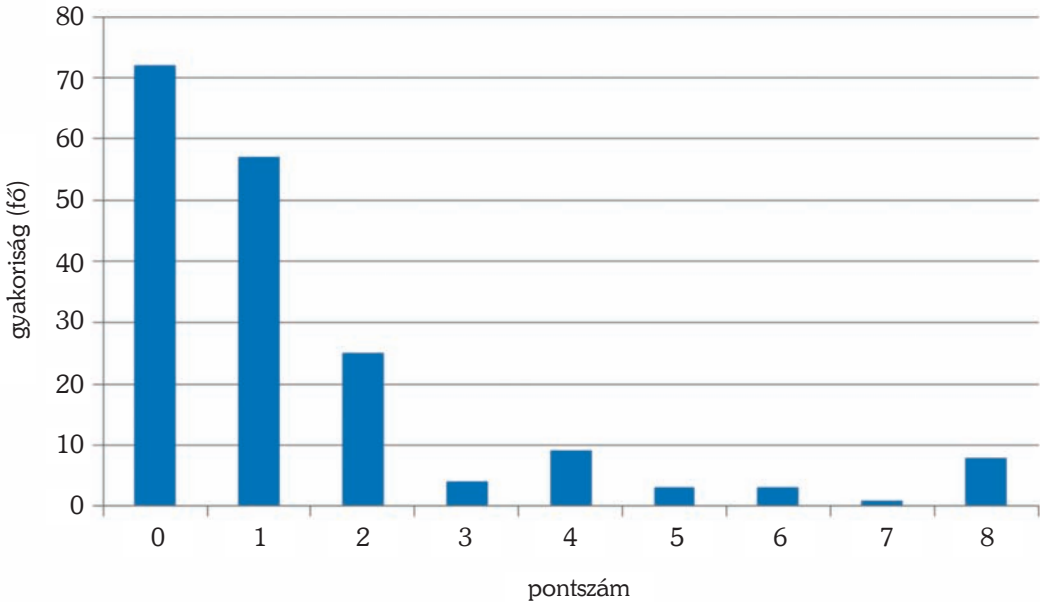
dően nagy szerepet a középiskolás fizika tananyagban. Ugyanakkor a témakör nehézsége sincs egyértelműen meghatározva, ezt mutatja,

hogyan két különböző évben egyforma nehézségű feladat szerepelt egyszer a középszintű, egyszer pedig az emelt szintű érettségi feladatok között:



11. grafikon

Az elektromosságtani feladat pontszámainak eloszlása fizika szakon

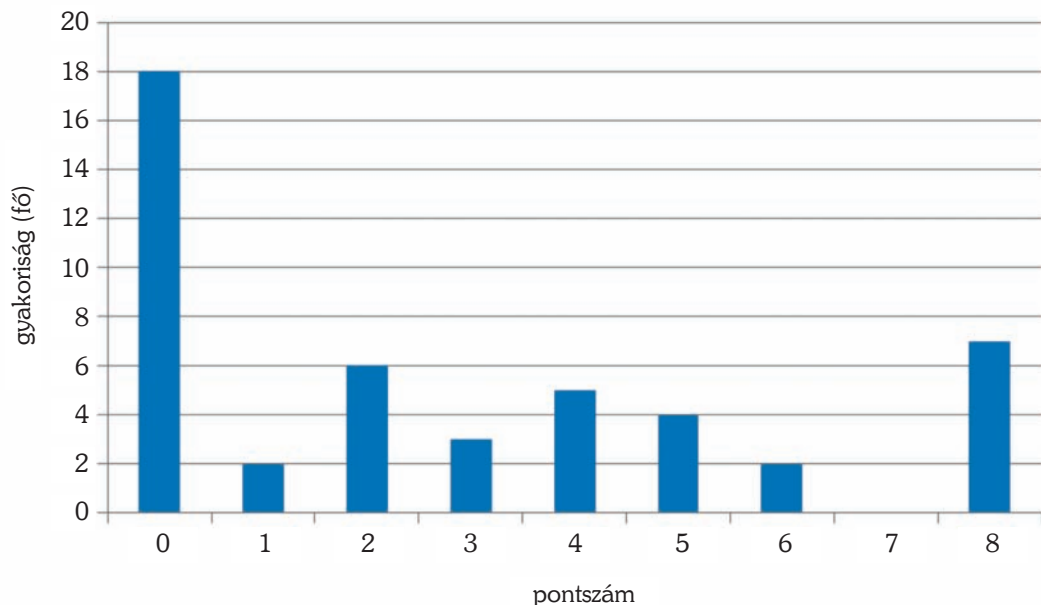


12. grafikon

A statika feladat pontszámainak eloszlása a mérnöki szakokon

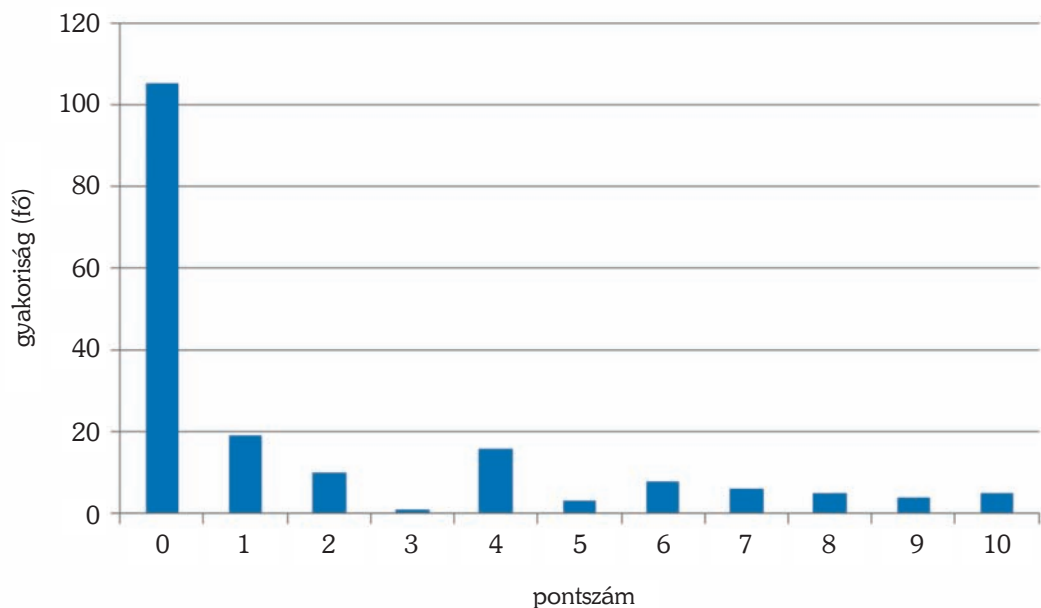
a 2007. év 0622 számú vizsga (középszint) 1. feladata és a 2006. év 0612 számú vizsga (emelt szint) 2. feladata gyakorlatilag ekvivalensek.

A hőtani feladat esetében különösen eltérő képet mutattak a két szak hallgatóinak eredményei. A mérnök szakos hallgatóknak komoly



13. grafikon

A statika feladat pontszámainak eloszlása fizika szakon



14. grafikon

A hőtani feladat pontszámainak eloszlása a mérnöki szakokon

problémákat okozott a feladat, a pontszámok átlaga 1,9 volt, ezzel szemben a fizika szakosok átlagosan 5,6 pontot értek el. Előbbiek közel 60%-a, míg utóbbiak közel 20%-a egyáltalán nem tudott mit kezdeni a feladattal, a hibátlan megoldást adók aránya csak 5, illetve 30% volt.

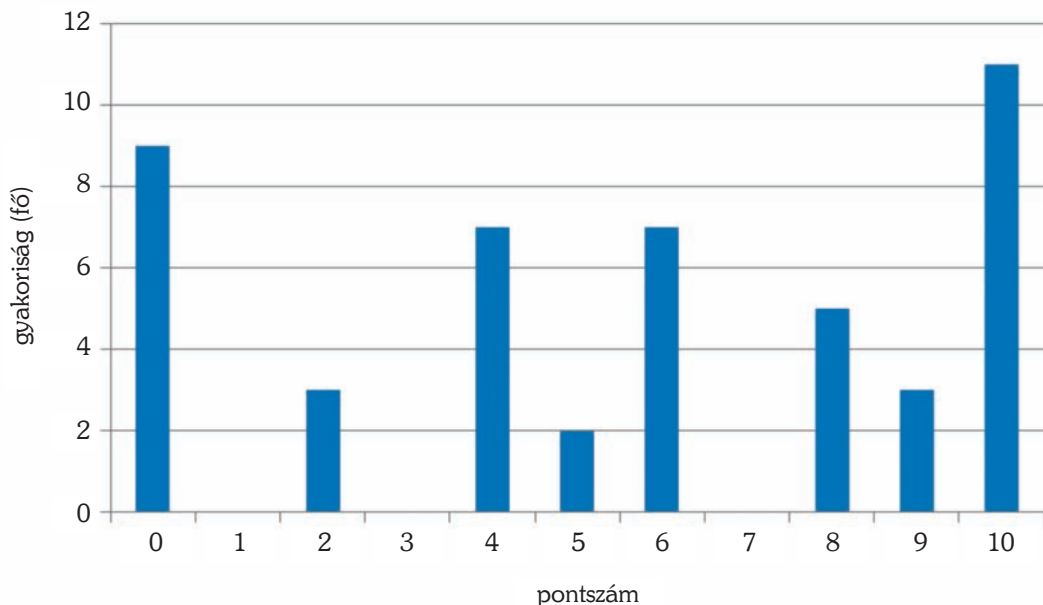
Az egyik legsúlyosabb probléma a mértékegységek átváltásának hiánya volt, sajnos a hallgatókban nem tudatosul eléggé, hogy az ilyen jellegű feladatoknál Kelvin-skálával kell dolgozni Celsius-skála helyett. Találkoztunk olyan, elvileg helyes megoldással is, amit mindenféle mértékegység-váltás nélkül számoltak végig. Az átlagteljesítmény különösen a mérnök szakos hallgatók esetében mutatott elkeserítő képet, mivel ők függvénytáblázatot is használhattak segédeszközként a dolgozat megoldásához, és akár 4 pontot is lehetett szerezni azzal, ha helyesen felírják az általános gáztörvényt, illetve a megfelelő Gay-Lussac törvényt. Tipikus volt az a jelenség is, hogy a feladat lényegében két független része közül csak az egyiket oldották meg.

Diszkusszió

A mérőeszközünk nehézsége a középszintű érettségi nehézségi szintjének megfelelő volt, ezért érdemes áttekintenünk, hogy a szintfelmérő dolgozaton a hallgatók mekkora hányada nem érte volna el a középszintű érettségi vizsgán a 2012-ben előírt elégséges szintet, azaz a 20%-os teljesítményt. Sajnos a mérnök szakos hallgatók 75,3%-a, a fizika szakos hallgatóknak pedig 31,9%-a nem érte el ezt a szintet, tehát gyakorlatilag nem tudott volna középszinten érettségizni ekkora tudással.

Azt is érdemes megemlítenünk, hogy mekkora a belépéskor 51% alatti teljesítményt nyújtó, azaz egy átlagos egyetemi kurzuson általában elégtelen jegyet szerző hallgatók szakonkénti aránya. A mérnök szakos hallgatók 93%-a volt 51%-os teljesítmény alatt, az ő átlagos pontszámuk 5,4 pont volt, a fizika szakos hallgatók esetében ez az arány 66% volt, ők 10,4 pontos átlageredményt értek el.

Összehasonlítva a mérnöki szakok és a fizika szak hallgatóinak teljesítményét, azt láttuk,



15. grafikon
A biológiai feladat pontszámainak eloszlása fizika szakon

hogy a szintfelmérő dolgozaton elért össz-, illetve az egyes feladatokon elért részpontoszámokat tekintve a fizika szakosok átlagteljesítménye – a statika feladat kivételével, amelynek eredménye mindkét szakon egyformán gyenge volt – jelentősen jobb volt a mérnök szakos hallgatókéhoz képest. A jelenség oka nyilvánvalóan az, hogy míg a mérnöki szakok többnyire tömegszakoknak számítanak, addig a fizika szakot sokkal inkább csak a fizika iránt elkötelezett diákok választják. Ez pedig a háttér adatokban is megmutatkozik: míg a mérnök szakos hallgatóknak mindössze közel a negyede, addig a fizika szakosok 90%-a érettségizett fizikából.

A felmérés eredményei és az előző megállapítások alapján elmondható, hogy mindkét szakon a hallgatók igen jelentős hányadának – lényegében azon hallgatókat leszámítva, akik emelt vagy középszinten jelesre érettségiztek, és/vagy indultak fizikaversenyen – elengedhetetlenül szükséges az alapozás, illetve az ismétlés.

A felmérésünk eredménye alapján kapott kép közel megegyezik azzal, amit más, korábbi tanulmányokban is láthattunk [5,7]. Az, hogy évek óta ilyen szerény eredményeket nyújtanak fizikából a műszaki és természettudományos felsőoktatásba belépő elsőéves hallgatók, számos okra vezethető vissza.

A Nemzeti Alaptanterv bevezetésével a fizika tárgy kikerült az általános iskola 6. osztályából, emellett évek óta folyamatosan csökken középiskolában is a tantárgy óraszám, ezáltal kevesebb idő jut egy-egy anyagrészre. Kevesebb idő jut a kísérletezésre, és jelentősen kevesebb idő jut feladatmegoldásra. Szembetűnő volt, hogy a szintfelmérő dolgozat megírása közben mennyire sokan „böngésztek” a függvénytáblázatot használható képletek után kutatva. Pedig meggyőződésünk, hogy a jó számolási készség, problémameglátás és elemző megközelítés, a mértékegységek helyes kezelése és a nagy feladatmegoldási rutin elengedhetetlen ahhoz, hogy a későbbiekben valaki jó mérnök vagy fizikatanár, fizikus lehessen.

Sajnos az említett óraszámcsökkenés, egyben marginalizálódás nem csak a fizika tárgyat

érinti, hanem lényegében a teljes természettudományos oktatásunkat sújtja. Ennek egyik jele, hogy máig nem kötelező a matematikán kívül legalább még egy természettudományos tárgyból érettségi vizsgát tenni.

Ezzel együtt, mivel a műszaki és fizika szakokon általában nagyon alacsonyak a felvételi ponthatárok és ráadásul nem is kötelező fizikából érettségizni, sokan, különösen a mérnöki szakokon, a motiváció hiánya miatt már nem is érettségiznek a tárgyból, így egy ördögi kör alakul ki. Gyakori jelenség az is, hogy a szakokra való könnyű bejutás miatt azok is csak a középszintű érettségi vizsgát választják, akik meg tudnának felelni az emelt szintű követelményeknek is.

További problémaként látjuk, hogy középiskolában általában csak az első három osztályban tantárgy a fizika, így azok, akik érettségiznek fizikából, azáltal is hátrányba kerülnek, hogy egy évig, az érettségi előtt közvetlenül nem tanulják kötelezően a tárgyat.

Az utóbbi években a hivatalos oktatáspolitikai preferálja a természettudományos és műszaki felsőoktatást, azonban az általános és középiskolai fizikaoktatás valóban hatékony átalakítása és az érettségi vizsga kötelezővé tétele nélkül előbbi színvonala sem fog tudni emelkedni. A fizikaoktatás megújítására vonatkozóan ad néhány megszívlelendő javaslatot pl. Radnóti Katalin cikke [4]. Az egyik súlyos probléma például az, hogy a diákok nem szeretik a fizikát, nem szívesen tanulják a tárgyat, ezt több felmérés is alátámasztja [1,3,8].

Összegezve: felmérésünk alapján kijelenthetjük, ahhoz, hogy valaki olyan tudásszinttel érkezzen a műszaki felsőoktatásba vagy fizika szakra, amit elvárnak/elvárhatnak az intézmények, mindenképpen ajánlott lenne legalább középszinten érettségiznie fizikából. A döntés pedig a felsőoktatás kezében (is) van, reméljük, hogy a problémát felismerve egyre több felsőoktatási intézmény teszi kötelezővé nem csak a középszintű, hanem az emelt szintű vizsgát, tudva, hogy a tanulók azt tanulják meg középiskolában (is), amit a rendszer kötelezővé tesz számukra.

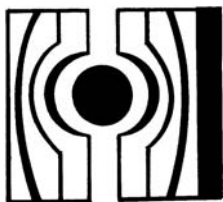
Nem gondoljuk, hogy hosszú távon fenntartható lenne az a szemlélet, hogy a már így is jelentősen alulfinanszírozott felsőoktatás feladata az, hogy akár teljes féléveken át nem is oly rég még általános iskolai és középiskolai tananyagnak számító ismereteket sajátíttasson el készségszinten a hallgatókkal, és közben ne csökkenjen nagy mértékben a szakmai tárgyak oktatott tananyag-mennyisége és mélysége, egyben pedig a diploma értéke.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti a szegedi kollégákat (Dr. Kövesdi Katalin, Dr. Füle Miklós, Ábrahám Ágnes) a dolgozatok javításában és az adatgyűjtésben nyújtott segítségükért. Szeretnénk megköszönni tanszéki kollégáink támogatását és közreműködését a felmérések elvégzésében, külön köszönjük Dékány Évának a matematikai mérés összeállításában, továbbá Dr. Veres Antalnak az adatbázis létrehozásában nyújtott jelentős segítségét. Köszönjük Tóth Editnek (MTA SZTE Képességkutató Csoport) a kérdőív összeállítása során adott értékes javaslatait. Köszönet illeti a gödöllői és szegedi hallgatókat, hogy a felmérésben való részvételüket önként vállalták.

Irodalom

- [1] Csapó Benő: A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök összefüggései. *Magyar Pedagógia*, **100/3** (2000) 343–366.
- [2] Dékány Éva, Székely László, Veres Antal: Egy alapozó tárgyhoz kapcsolódó felmérés eredményei. *A matematikai tanítása*, **20/3** (2012) 3–9.
- [3] Papp Katalin, Józsa Krisztián: Legkevésbé a fizikát szeretik a diákok? *Fizikai szemle*, **50/2**(2000) 61–67.
- [4] Radnóti Katalin: A fizika tantárgy problémái és lehetséges megoldásuk egy felméréssorozat tükrében. *A fizika tanítása*, **13/3** (2005) 5–13.
- [5] Radnóti Katalin, Pipek János: A fizikatanítás eredményessége a közoktatásban. A 2008 szeptemberében a fizika BSc szakokra és a műszaki felsőoktatásba lépő hallgatók által írt fizika felmérés eredményeiről. *Fizikai szemle*, **59/3** (2009) 107–113.
- [6] Radnóti Katalin: Felzárkóztatás a felsőoktatásban?! *A fizika tanítása*, **17/2** (2009) 9–18.
- [7] Radnóti Katalin: Elsőéves fizika BSc-s és mérnökhallgatók fizikatudása. *A fizika tanítása*, **18/1** (2010) 8–16.
- [8] Szalay Balázs, Szepesi Ildikó: A matematika- és természettudomány-oktatásról – TIMSS 2007. *Új Pedagógiai Szemle*, **13/1** (2009) 3–18.



KONTINUITÁS

Dr. Szabó Árpád

Kovács István (1913–1996)

Születésének 100-dik évfordulójára emlékezünk

Kovács István fizikus, az MTA tagja, egyetemi tanár, a Központi Fizikai Kutatóintézet igazgatója. Fő kutatási területe: atom-

fizika és a molekula-spektroszkópia. Jelentős eredményeit a kétatomos molekulák spektrumi (színképei), a molekulák energiaállapotai,

és a különböző multipllett-felhasadásokban megnyilvánuló kölcsönhatások elméleti kutatásaiban érte el, valósította meg.

Kossuth-díjjal (1951) és állami-díjjal (1975) kitüntetett tudós volt. Az Eötvös Loránd emlékérmét 1976-ban kapta meg.

Budapesten született 1913. december 16-án. Középiskolai tanulmányait a legendás hírfasori Evangélikus Gimnáziumban végezte, ahol olyan kiváló tanárok tanították, mint Rácz László, Renner János és Mikola Sándor. A gimnázium első éveiben különösebben egyetlen tantárgy sem érdekelt. A matematika és a fizika iránti érdeklődése is csak a gimnázium III. osztályában lobbant fel. 1931-ben érettségizett. A gimnázium befejezése után a Pázmány Péter Tudományegyetem hallgatója lett, matematika-fizika tanári szakon tanult, érdeklődése elsősorban az elméleti fizika felé fordult. Nem kis szerepe volt ebben Ortvyay Rudolf tanszékvezető professzornak, a modern fizika aranykorában született eredmények lelkes magyarországi terjesztőjének.

1936-ban kapta meg a matematika-fizika szakos tanári oklevelet. A diploma megszerzése után állást nem kapott. Továbbra is tanulók és hallgatók korrepetálásával foglalkozott. Egy idő után a szerencse mégis rámosolygott. Ortvyay Rudolf ajánlásával a Műszaki Egyetem Fizikai Tanszékére került, ahol aztán díjtalan tanársegéd lett, és ott a Schmid Rezső irányította, nemzetközi hírű Spektroszkópiai Laboratóriumban doktorandusként dolgozott, a molekulák színképeinek kutatója lett. Eredményes évek voltak ezek Kovács István életében. Például 1939-től 1942-ig minden évben előadó volt az Ortvyay Kollokviumokon: Az elektronátmenetek intenzitása a molekula spektrumokban (1939); Kétatomos molekulák elméletének alapjai (1940); Oldatok viszkozitása (1941); A Pauli-féle spin elméletről (1942). Fizetése a továbbiakban sem volt. Korrepetált.

1937-ben tette le a doktori szigorlatot, és ebben az évben meg is védte disszertációját, bölcsészdoktori oklevelet szerzett. Disszertációjá-

ban a Gerő Loránd-féle perturbációk meghatározására kifejlesztett eljárás elméleti megalapozását adta meg. Fizetéses állása az egyetemen ezután sem lett. Kereseti lehetősége lett volna, bőven kínálkozott lehetőség arra, hogy kama-toztassa doktori címét. Például egyik tanítványának az édesapja, Golberger textilgyáros havi ezer pengő fizetést ajánlott. Kovács István visszautasította, és így nyilatkozott: „Ezután is azt szeretném csinálni, amihez kedvem van. Semmi pénzért nem hagyom cserben a kétatomos molekulákat”.

Kovács István Magyarországon az elsők között foglalkozott elméleti molekula-spektroszkópiai kutatásokkal, és alig 30 éves korára a molekula-spektroszkópia szakavatott tudósa lett. A molekula-spektroszkópia abból a fizikai jelenségből indul ki, ha valamely anyagot fénykibocsátásra kényszerítenek, aztán az így kapott fényt az erre alkalmas eszközzel fölbontják, akkor olyan színeképet nyerjenek, amely az illető anyag minőségére, mennyiségére, atomjai, molekulái belső szerkezetére jellemző. Ő, mint a molekula-spektroszkópia avatott művelője, elsőként alkalmazta az akkor még újnak számító kvantumelméletet a molekulák színképében megnyilvánuló jelenségek magyarázatára.

Kovács István a kétatomos molekulák – amilyen az oxigén és sok más gázbelső – szerkezetét tanulmányozta, és a spektroszkópiai színképelemzés segítségével az általános törvényszerűségek megállapítására törekedett. A színképek előállítására és vizsgálatára folytán néhány tekintetben úttörő munkát végzett, új megállapítások fűződnek nevéhez. A kétatomos molekulák színképeivel, a színképekben előforduló predisszociáció- és perturbáció jelenségek magyarázatával és elemzésével, különösen a spektrumbeli perturbációk, a spin-pályanyomaték, a spin-spin-kölcsönhatások kapcsolatában ért el jelentős eredményeket. A kétatomos molekulákkal kapcsolatos mintegy fél évszázados vizsgálati eredmények összegzését és saját kutatási eredményei összefoglalását adta meg a *Totational Structure in the Spectra of Diatomic Molecules* című fő művé-

ben. A könyv először az Akadémiai Kiadó és a londoni Adam Hilger kiadó közös gondozásában jelent meg angolul. Később, ugyancsak angol nyelven az amerikai Elsevier kiadó is megjelentette. Ez az első olyan munka a szakirodalomban, amely rendszerezett, összegző áttekintést adott a kétatomos molekulák színképeinek rotációs, tengely körüli forgásának elméletéről.

Az első fizetési állását 1946-ban a szovjet hadifogságból való visszatérése után kapta, ekkor nevezték ki adjunktusnak a Pázmány Péter Tudományegyetem Elméleti Fizika Tanszékére. 1946. novemberétől két éven át volt az egyetem oktatója. 1948-ban lett a budapesti Műszaki Egyetem soproni tagozatának egyetemi tanára. 1949-ben három hónapos tanulmányúton volt Svédországban. Magyarországra való visszatérése után visszakerült a budapesti Műszaki Egyetemre, ahol az Atomfizikai Tanszéken a külföldre távozó Bay Zoltán professzor utódja lett. 1949-től 1979-ig volt a tanszék tanszékvezető professzora és 1979-től 1984-ig egyetemi tanára. 1984-ben vonult nyugdíjba, de nyugdíjba vonulásával sem szakadt meg kapcsolata az egyetemmel, élete végéig tudományos tanácsadóként és tudományszervezőként folytatta tevékenységét.

Fontos szerepe volt a Központi Fizikai Kutatóintézet (KFKI) létrehozásában, megszervezésében. A kutatóintézet megszervezésére őt 1949-ben kérték fel, és az akkor alakuló intézet igazgatója (alapító igazgatója) lett. 1950-től hat évig volt az intézet igazgatója. 1956-ban viszont a személyét ért támadások miatt lemondott az intézet igazgatói állásáról. Ekkor Jánossy Lajos professzor lett az intézet igazgatója. 1956 után Kovács István professzor már csak a Műszaki Egyetem Atomfizikai Tanszékén dolgozott. A kutatással párhuzamosan szívesen oktatott és tanította az atomfizika és a molekula-spektroszkópia tananyagát.

A kutatói és oktatói tevékenységén túl aktív részt vállalt a tudományos közéletben. A Magyar Tudományos Akadémiának 1949-ben lett

a levelező, 1967-ben a rendes tagja. 1961-től a Magyar Tudományos Akadémia Spektroszkópiai Albizottságának az elnöke, 1990-től tiszteletbeli elnöke. 1963-tól 1970-ig a Tudományos Minősítő Bizottság Fizikai és Csillagászati Szakbizottságának az elnöke, utána tagja, majd 1975-től 1985-ig újból az elnöke. 1968–1972-ig az Eötvös Loránd Fizikai Társulat főtitkára, és később tiszteletbeli elnöke volt. 1971-től 1979-ig az Európai Fizikai Társulat Molekulaszerkezeti Szekciójának az elnöke. 1981-ben választotta tagjává a New York-i Tudományos Akadémia. Ez a felsorolás talán nem teljes, de így is nagyon jól érzékelhető, hogy Kovács István akadémikus milyen aktív szerepet játszott hosszú éveken át a magyar tudományos közéletben.

Ha pihenésre vágyott, csak zenét hallgatott, de maga is szívesen zongorázott. Nevéhez fűződik, ő komponálta a Dalold el ezüstgitar című táncdalt, amely slágerként bejárta fél Európát.

Publikációinak száma megközelíti a 150-et. Jelentősebb munkái: A kétatomos molekulatermék állandóinak meghatározása perturbáció alapján (1937); A kétatomos molekulák elméletének alapjai (1941); Molekula-színképek. Társzerző Budó Ágoston (1948); Általánosított eljárás a perturbáló molekulatermék állandóinak kiszámítására a perturbációs adatok alapján (1952); Diszlokáció és képlékeny alakváltozás. Társzerző Zsoldos Lehel (magyarul 1965, angolul 1973).

Számos külföldi egyetemen tartott előadást. Előadott Párizsban, Moszkvában, Tokióban és más neves főváros tudományos központjában. Eredményeinek jelentőségét és értékét azzal mérhetjük, hogy közleményeire a nemzetközi szakirodalomban mintegy 1200-at meghaladó hivatkozás található. Eredményeire szovjet-orosz, kanadai, indiai, svéd, svájci, angol, olasz, amerikai kutatók hivatkoznak.

Kovács István akadémikus hosszú, eredményekben igen gazdag éveket élt meg. Budapesten, 1996. június 1-jén halt meg.